



Susceptibilidade de variedades de arroz ao ataque de
***Sitophilus zeamais* Motschulsky**
(Coleoptera, Curculionidae)

Catarina Isabel Ferreira Antunes

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Agronómica

Orientador: Doutor Augusto Manuel Nogueira Gomes Correia

Co-orientador: Doutora Maria Otília de Almeida Carvalho da Mata

Júri:

Presidente: - Doutora Cristina Maria Moniz Simões de Oliveira, Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: - Doutor Augusto Manuel Nogueira Gomes Correia, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

- Doutor António da Fonseca Ferreira Barbosa, Investigador Principal do Instituto de Investigação Científica Tropical;

- Doutor Arlindo Lima, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

- Doutora Maria Otília de Almeida Carvalho da Mata, Investigadora Auxiliar do Instituto de Investigação Científica Tropical.

Lisboa, 2010

À minha mãe

Agradecimentos

Com este trabalho fecha-se um capítulo importante na minha vida, e como tal não poderia deixar de agradecer àqueles que sempre me apoiaram e tornaram possível a sua concretização.

Agradeço ao Instituto de Investigação Científica Tropical a oportunidade de realizar o meu trabalho.

Agradeço todo o apoio prestado pela Doutora Maria Otília Carvalho.

Ao Professor Arlindo Lima pelo delineamento do método experimental e pelo seu interesse em ajudar-me.

À Engenheira Maria José Silva por me ter ajudado a fazer o tratamento estatístico e por toda a força, apoio e compreensão que teve comigo.

Agradeço muito à Engenheira Graça Barros por todo o apoio prestado. Fiquei muito grata com a sua disponibilidade para me ajudar e as suas palavras deram-me muita motivação e incentivo.

À Professora Luísa Beirão da Costa por me ter ajudado na determinação da textura do arroz. E também por ter tentado arranjar um método alternativo para a determinação do teor de amido e por ter disponibilizado o amilógrafo.

Ao Engenheiro José Carlos Rodrigues pela sua preciosa ajuda na caracterização química do arroz através da espectroscopia do infravermelho.

À Engenheira Carla Brites por me ter disponibilizado o material de apoio solicitado.

Ao Cotarroz por ter fornecido as variedades de arroz.

À Professora Isabel Januário por me ter disponibilizado o polarímetro.

À Professora Maria Helena Almeida por me ter disponibilizado o moinho.

Agradeço a todas as pessoas dos Centros PIPA eEcoBio (Pólo Mendes Ferrão) do IICT.

Aos colegas e amigos que tive a oportunidade de criar durante estes anos e pelos bons momentos que passámos juntos ao longo do curso.

Ao Rui por me ter sempre acompanhado ao longo da tese, e também pela sua enorme paciência, compreensão, incentivo e motivação que me conseguiu dar nos momentos mais difíceis.

Ao meu irmão Pedro.

À minha mãe pela sua generosidade, dedicação e amor.

Resumo

Neste trabalho, foi avaliada a susceptibilidade de diferentes variedades de arroz produzidas em Portugal ao ataque da praga-chave do arroz armazenado, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). As amostras de grãos de quatro variedades de arroz (Gládio, Albatros, Thaibonnet e Eurosis) e com três tipos de tratamento pós-colheita (arroz branqueado, em película e com casca) foram infestadas com insectos adultos de *S. zeamais* e mantidas em condições de laboratório a 27°C e 70% de humidade relativa. No final foram avaliados os seguintes parâmetros de resistência: índice de susceptibilidade de Dobie, tempo médio de desenvolvimento e, percentagens de perda de peso e de grãos danificados.

Compararam-se algumas características químicas e físicas das quatro variedades de arroz armazenado nos três tipos de tratamento pós-colheita. Em geral, o índice de susceptibilidade de Dobie não estava relacionado com as características físicas dos grãos de arroz, no entanto a composição química dos grãos parece influenciar a sua susceptibilidade ao ataque de *S. zeamais*.

Para todas as variedades, o arroz em película foi o que apresentou maior índice de susceptibilidade, seguido do arroz branqueado e por fim do arroz com casca.

As variedades de arroz branqueado mais resistentes foram Eurosis e Gládio e a mais susceptível Thaibonnet.

Palavras-chave: arroz armazenado, *Sitophilus zeamais*, índice de susceptibilidade, características físicas, composição química.

Abstract

In this study, the susceptibility of different varieties of rice produced in Portugal to the attack of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae), the key pest of stored rice, has been evaluated. The grain samples of four rice varieties (Gládio, Albatros, Thaibonnet and Eurosis) under three types of post-harvest treatment (polished, brown and paddy) were infested with *S. zeamais* adults and kept in laboratory conditions at 27° C and 70% relative humidity. At the end, the following resistance parameters were evaluated: Dobie index, mean developmental time, percentages of weight loss and damaged grains.

Physical and chemical characteristics of the four stored rice varieties, each one polished, brown, and paddy, were compared. In general, the physical characteristics were not directly related with the number of emerged insects by female and with the biological cycle.

The chemical composition of the rice appears to influence rice susceptibility to *S. zeamais* attack.

Brown rice varieties showed the highest susceptibility, followed by polished and finally paddy.

The polished rice varieties more resistant were Eurosis and Gládio and the more susceptible was Thaibonnet.

Key-words: stored rice, *Sitophilus zeamais*, susceptibility index, physical characteristics, chemical composition.

Extended abstract

The maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, is a cosmopolitan pest, affecting many stored and field crops, causes serious losses and economic damage to rough rice through physical damage to the kernel, resulting in reductions in grain quality. Subsistence farmers in tropical and subtropical agroecosystems often experience grain damage exceeding 30% during storage. Worldwide, grain losses ranging from 5 to 25% have been reported for untreated rice due to weevil. In Portugal, it is considered the main key pest of stored rice.

Infestations by weevils can start from the field, making its management more difficult. Furthermore, the high cost of pesticides, the danger of resistance building up and the potential hazards of pesticides in the hands of unsophisticated users make alternative control measures highly important for stored product insect pests.

Considering these problems and the need for an integrated pest management system, the incorporation of resistant varieties into the system for the protection of stored rice should have been a long-term goal.

The use of insect resistant varieties of grains has been proposed in the past as part of an integrated pest management strategy to reduce losses and maintain grain quality.

The effects of rice variety on development of the rice weevil were studied under artificial infestation at 27°C and 70% of relative humidity in the laboratory at the Tropical Research Institute. Four rice varieties grown in Portugal, “Thaibonnet”, “Gládio”, “Eurosis” and “Albatros” were used. Twenty grams of rice grain were infested with twenty weevils in a glass jar with a ventilated lid. The experiment was laid out in completely randomized design with five replications. Inspection for progeny emergence count was started a day immediately after the first progeny emergence was observed and continued for thirty days.

The chemical composition of the rice appears to influence rice susceptibility to *S. zeamais* attack.

Brown rice varieties showed the highest susceptibility, followed by polished and finally paddy.

The polished rice varieties more resistant were Eurosis and Gladio and the more susceptible was Thaibonnet.

Índice geral

Resumo	I
Abstract	II
Extended abstract	III
Índice geral	IV
Índice de quadros	VI
Índice de figuras	VII
Índice de anexos	IX
Abreviaturas e Símbolos	X
1. Introdução	1
2. Revisão bibliográfica	3
2.1. Armazenamento	3
2.1.1. Perdas no armazenamento	3
2.2. Factores que determinam as condições de armazenamento	5
2.2.1. Factores abióticos	5
2.2.2. Factores Bióticos	8
2.3. <i>Sitophilus</i> spp. associados ao arroz armazenado	9
2.3.1. Caracterização sistemática/ taxonómica	9
2.3.2. Origem e Distribuição Geográfica	10
2.3.3. Morfologia	11
2.3.4. Bioecologia	14
2.4. Arroz	17
2.4.1. O sector orizícola em Portugal	17
2.4.2. Género <i>Oryza</i>	18
2.4.3. Estrutura do grão de arroz	20
2.4.4. Composição química/Valor nutricional	24
2.5. Espectroscopia de infravermelho médio (ATR-FTIR)	27
3. Material e Métodos	28
3.1 Arroz	28
3.1.1. Variedades seleccionadas	28

3.1.2.	Preparação das amostras -----	28
3.1.3.	Observação de grãos de arroz com casca fendilhada -----	29
3.1.4.	Determinação do teor de água do arroz-----	29
3.1.5.	Determinação da dureza do arroz cru -----	29
3.1.6.	Determinação da biometria do arroz -----	30
3.1.7.	Espectroscopia de infravermelho médio -----	31
3.2.	Ensaio Biológico -----	31
3.2.1.	Índices biológicos-----	33
3.2.2.	Estimativa de perdas: determinação dos grãos danificados e da perda de peso-----	34
3.3.	Análise estatística -----	35
3.3.1.	Estatística descritiva -----	35
3.3.2.	ANOVA -----	35
3.3.3.	Teste Tukey-----	36
4.	Resultados e Discussão -----	37
4.1	Ensaio biológico -----	37
4.1.1	Descendentes por fêmea na geração F1 de <i>S. zeamais</i> no arroz -----	37
4.1.2	Tempo médio de desenvolvimento de <i>S. zeamais</i> no arroz -----	40
4.1.3	Índice de susceptibilidade de Dobie-----	41
4.1.4	Porcentagem de perda de peso e de grãos danificados nas variedades de arroz por <i>Sitophilus zeamais</i> -----	44
4.2	Caracterização física do arroz -----	48
4.2.1	Teor de água do arroz -----	48
4.2.2	Dureza do arroz-----	49
4.2.3	Biometria do arroz-----	51
4.3	Caracterização química do arroz por espectroscopia de infravermelho ----	55
5.	Conclusão -----	58
6.	Bibliografia -----	60
7.	Cibergrafia-----	68
8.	Anexos -----	69

Índice de quadros

Quadro 1- Teor de água em equilíbrio do grão de arroz, a diferentes valores de temperatura e humidade relativa no armazenamento -----	7
Quadro 2 - Espécies de insectos capturadas numa fábrica de processamento de arroz-----	9
Quadro 3 – Hierarquia taxonómica -----	10
Quadro 4 - Consumo <i>per capita</i> e produção de arroz em Portugal -----	17
Quadro 5 – Número de explorações de arroz em Portugal -----	17
Quadro 6 - Produção de arroz em Portugal continental-----	18
Quadro 7 – Tempo médio de desenvolvimento (dias) de <i>Sitophilus oryzae</i> em três tipos de grão de oito variedades -----	22
Quadro 8 - Composição média do arroz (100g)-----	26
Quadro 9 - Teor de vitaminas no arroz e nos seus sub-produtos (mg/100g)-----	26
Quadro 10 - Número médio de descendentes por fêmea na geração F1 -----	39
Quadro 11 - Tempo de desenvolvimento médio de <i>Sitophilus zeamais</i> na geração F1 -----	41
Quadro 12 – Índice de susceptibilidade de Dobie para <i>Sitophilus zeamais</i> na geração F1 -----	43
Quadro 13 - Valor médio da percentagem de perda de peso nas quatro variedades de arroz-----	47
Quadro 14 - Valor médio da percentagem de grãos danificados nas quatro variedades de arroz película, branqueado e com casca-----	47
Quadro 15 - Valores médios do teor de água (%) para as quatro variedades de arroz em -----	48
Quadro 16- Dureza média do grão de arroz por variedade -----	50
Quadro 17 - Valores médios para o comprimento do arroz por variedade-----	53
Quadro 18 - Valores médios para a largura do arroz por variedade-----	53
Quadro 19 - Valores médios para a relação C/L do arroz por variedade-----	53
Quadro 20 - Valores médios para o peso de cada grão de arroz -----	53

Índice de figuras

Figura 1 - Factores externos e internos que afectam a qualidade do armazenamento de grãos de cevada	4
Figura 2 – A densidade da população de insectos vs temperatura (°C)	6
Figura 3 - Estado de equilíbrio do teor de água nos cereais e a humidade relativa do ar ambiente	7
Figura 4- Ciclo de vida de <i>Sitophilus oryzae</i> - ovo, pupa, larva e adulto	11
Figura 5 – Representação esquemática de <i>Sitophilus zeamais</i>	11
Figura 6 – Insecto adulto de <i>Sitophilus zeamais</i>	12
Figura 7- Rostro de <i>Sitophilus oryzae</i> .	12
Figura 8 - Genitália do <i>Sitophilus zeamais</i> e de <i>Sitophilus oryzae</i>	13
Figura 9 – Larva de <i>Sitophilus zeamais</i>	13
Figura 10- Pupa de <i>Sitophilus</i> spp. dentro de um grão	14
Figura 11 – Pupa de <i>Sitophilus zeamais</i>	14
Figura 12 - Evolução das duas espécies cultivadas de arroz	19
Figura 13 – Grão de arroz da variedade Albatros com a casca intacta	20
Figura 14 - Grão de arroz da variedade Eurosia com a casca intacta	20
Figura 15 - Grão de arroz da variedade Gládio com a casca intacta	20
Figura 16 - Grão de arroz da variedade Thaibonnet com a casca intacta	20
Figura 17 – Estrutura do grão de arroz	21
Figura 18 - Total de adultos de <i>Sitophilus oryzae</i> que emergiram em nove semanas em arroz película e arroz branqueado (dois graus de branqueamento de 14% e 16% de perda de peso)	23
Figura 19 – Total de adultos de <i>Sitophilus oryzae</i> que emergiram do arroz em película (<i>brown rice</i>), do arroz branqueado (polido e depois infestado) (<i>white rice P+I</i>) e do arroz branqueado (infestado e depois polido) (<i>white rice I+P</i>)	23
Figura 20 - Distribuição padrão da maioria dos constituintes do arroz integral	24
Figura 21 – Espectro do infravermelho	27
Figura 22 – Sonda	30
Figura 23 – Mesa de corte	30
Figura 24 - Valores médios e respectivo desvio padrão para o número de	

descendentes por fêmea no arroz com casca, e percentagem de grãos de arroz com casca danificada -----	37
Figura 25 – Número de descendentes por fêmea de <i>S.zeamais</i> e respectivo desvio padrão nas quatro variedades no arroz branqueado -----	39
Figura 26 – Índice de susceptibilidade de Dobie-----	43
Figura 27 - Grãos de arroz com casca danificados por <i>Sitophilus zeamais</i> -----	44
Figura 28 – Grãos danificados da variedade de arroz Eurosis com casca -----	45
Figura 29 – Grãos danificados da variedade de arroz Thaibonnet com casca -----	45
Figura 30 – Grãos de arroz película danificados por <i>Sitophilus zeamais</i> -----	45
Figura 31 - Grãos de arroz branqueado infestado por <i>Sitophilus zeamais</i> -----	46
Figura 32 - Grãos danificados da variedade Thaibonnet branqueado -----	46
Figura 33 - Espectros de infravermelho médio (ATR-FTIR) 1800 e 400 cm ⁻¹ do arroz -----	56
Figura 34 -Espectros de infravermelho médio (ATR-FTIR) 1800 e 400 cm ⁻¹ do arroz em -----	57

Índice de anexos

Anexo 1– Média da percentagem de grãos com as cascas fendilhadas -----	69
Anexo 2- Dados do ensaio biológico para as quatro variedades do arroz com casca	70
Anexo 3 – Dados do ensaio biológico para as quatro variedades do arroz em película -----	71
Anexo 4 - Dados do ensaio biológico para as quatro variedades do arroz branqueado -----	72
Anexo 5 - Correlações para o arroz com casca -----	74
Anexo 6 - Correlações para o arroz em película -----	74
Anexo 7- Correlações para o arroz branqueado -----	74
Anexo 8 – Caracterização física dos grãos de arroz com casca -----	74
Anexo 9 - Correlações para o arroz com casca -----	74
Anexo 10 – Caracterização física dos grãos do arroz com película -----	75
Anexo 11 - Correlações para o arroz em película -----	75
Anexo 12 – Caracterização física dos grãos do arroz branqueado -----	76
Anexo 13 - Correlações para o arroz branqueado-----	76

Abreviaturas e Símbolos

Fig. – Figura

tap – teor de água do produto

% - percentagem

mm - milímetro

°C - grau centígrado ou Celsius

H.R. - humidade relativa

ha - hectare

ton - tonelada

RGA - Recenseamentos Gerais da Agricultura

INE - Instituto Nacional de Estatística

S. zeamais - *Sitophilus zeamais*

S. oryzae - *Sitophilus oryzae*

S. granarius – *Sitophilus granarius*

TMD - tempo médio de desenvolvimento

ISD - índice de susceptibilidade de Dobie

IICT - Instituto de Investigação Científica Tropical

CPIPA - Centro de Protecção Integrada de Produtos Armazenados

IV - infravermelho

O. sativa – *Oryza sativa*

O. glaberrima – *Oryza glaberrima*

EUA – Estados Unidos da América

1. Introdução

O arroz, *Oryza sativa*, é a maior fonte calórica para uma larga porção da humanidade (Smith & Dilday, 2003).

É um dos cereais mais cultivados do mundo, constituindo a base de alimentação de 2/3 da população mundial (Sousa, 1995). Além do seu emprego na dieta diária do Homem, o arroz também é utilizado para a produção de álcool, amido, fécula, ácido acético, vinagre, acetona, óleo, produtos farmacêuticos, alimentos vitaminados, entre outros. A casca do arroz serve de combustível e as cinzas como fertilizante. Os animais podem consumir o farelo, a farinha e a palha (Murillo, 1989).

Este cereal é uma gramínea anual que cresce nos mais variados meios, em altitudes inferiores ao nível do mar ou superiores a 2500 metros; de 50° de latitude norte a 40° de latitude sul; desenvolve-se em solos ácidos bem como em salinos/alcalinos. Embora originalmente cultivado nas zonas quentes e húmidas dos trópicos como planta semi-aquática, adapta-se a uma ampla variedade de condições ambientais, das zonas áridas aos climas frios (Sousa, 1995).

O arroz é consumido preferencialmente nas formas branco polido, parabolizado polido e integral. Tal como a maioria dos alimentos processados na indústria, este cereal é favorável ao ataque de pragas de produtos armazenados, quase continuamente entre a colheita e o consumo (Ashamo, 2010).

Os insectos são considerados os inimigos com maior impacto, não só pelos estragos que causam no produto, como pelas condições que criam, propícias ao desenvolvimento e dispersão de fungos produtores de micotoxinas (Carvalho *et al.*, 2003).

A capacidade de armazenar os cereais secos com sucesso depende da interacção de vários factores que são principalmente: os factores bióticos, tais como, o cereal, os insectos e os fungos; a estrutura do armazenamento e os factores abióticos, como a temperatura, a humidade e o teor de água do produto (Faro, 2010).

Os insectos que atacam os grãos armazenados em condições de temperatura que podem variar entre 15° a 42°C, são os grupos de organismos mais bem sucedidos nos ecossistemas do armazenamento (Sinha, 1991). Sendo essencialmente originários das regiões tropical e sub-tropical, a maioria das espécies de insectos do

armazenamento não hibernam. Eles sobrevivem nas zonas mais frias do mundo sempre que encontrem ou criem um ambiente favorável, tanto no interior dos alimentos a granel ou num armazém (Sinha, 1991).

A maioria das espécies de insectos nocivos aos cereais armazenados pertence às ordens Coleoptera e Lepidoptera, destacando-se dentro da Coleoptera, as da família Curculionidae e as da Bostrichidae. E dentro da família Curculionidae destaca-se *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Barros, 1996).

Para prevenir ou eliminar a possível presença destas pragas, os armazenistas e industriais recorrem à aplicação de pesticidas. O elevado custo dos pesticidas, a ocorrência crescente de resistência das pragas aos insecticidas, os riscos de contaminação da água, do solo e dos produtos agrícolas são factores de risco para a saúde pública e para o ambiente e traduz-se num aumento de importância de métodos de protecção alternativos. A utilização de variedades resistentes, em conjunto com outros métodos, poderá proporcionar a manutenção das populações de insectos a níveis aceitavelmente baixos (Gudrups *et al.*, 2000). A qualidade dos grãos, a produtividade e a resistência às pragas e doenças é um critério muito importante nos programas de melhoramento e que tem sido sempre tomado em consideração nos programas de selecção de variedades de arroz (Singh *et al.*, 2000).

Os mecanismos de resistência dos grãos de cereais ao ataque dos insectos são complexos e dependem de muitos factores tais como as características físico-químicas e bioquímicas dos grãos, bem como da capacidade dos insectos dos produtos armazenados na adaptação a essas condições (Nawrot *et al.*, 2006).

O presente estudo foi desenvolvido com o objectivo avaliar a susceptibilidade de quatro variedades de arroz produzidas em Portugal – Albatros, Eurosis, Thaibonnet e Gládio – ao ataque de *Sitophilus zeamais* nos três estados de processamento, arroz branqueado, em película e com casca, e estudar algumas características do arroz armazenado que poderão estar relacionadas com a resistência ao ataque da praga.

Em Portugal a espécie predominante do arroz armazenado é *S. zeamais* (Passarinho *et al.*, 2007).

2. Revisão bibliográfica

2.1. Armazenamento

O principal objectivo do armazenamento é oferecer disponibilidade de alimento todo o ano, conservando a sua qualidade e valor nutritivo, mantendo os grãos em boas condições a fim de reduzir perdas. A segurança alimentar (*food security & food safety*) – acesso à alimentação, uma vida activa e saudável de todas as pessoas durante toda a vida – deve ser um compromisso de todas as nações. A crise mundial dos preços dos alimentos de 2007 e 2008 foi o foco de atenção do mundo relativamente à importância do armazenamento dos produtos agrícolas como um meio essencial para a estabilidade de preços e a disponibilidade dos alimentos.

O aumento da produção agrícola - particularmente dos cereais que são o alimento básico de pessoas e animais - deve estar associado a avanços científicos no armazenamento e na preservação da produção, de forma a assegurar um fornecimento contínuo de alimentos a uma população mundial em crescimento. Embora o período de colheita seja relativamente curto, o consumo prolonga-se todo o ano e os grãos são armazenados pelos agricultores para consumo ou para sementeira. Os comerciantes armazenam os produtos até à sua comercialização. O papel do armazenamento tem-se tornado mais relevante com o aumento do rigor nos mercados nacionais e internacionais e os cuidados a ter com as pragas, doenças, uso de pesticidas e de outros contaminantes (Rajendran, 2003).

Em Portugal, o arroz é uma cultura sazonal e, como consequência, o armazenamento do arroz com casca ou já polido é muito importante a fim de poder estar disponível durante todo o ano.

2.1.1. Perdas no armazenamento

A partir do momento em que o Homem começou a produzir e armazenar cereais, diversos factores mostraram-se responsáveis pelas perdas pós-colheita. Essas perdas pós-colheita podem ser descritas em termos de perdas de peso, de qualidade, nutricional, de viabilidade da semente e comercial (Boxal, 2001).

Estima-se que as perdas sejam 15% da produção de cereais a nível mundial. Os principais inimigos dos alimentos armazenados são microrganismos, roedores e

insectos (Pimentel, 1991). As perdas estão associadas à estrutura do armazém, condições de higiene, período de armazenamento, forma dos grãos e condições climáticas locais, entre outros factores (Fig.1) (Prakash & Rao, 1995).

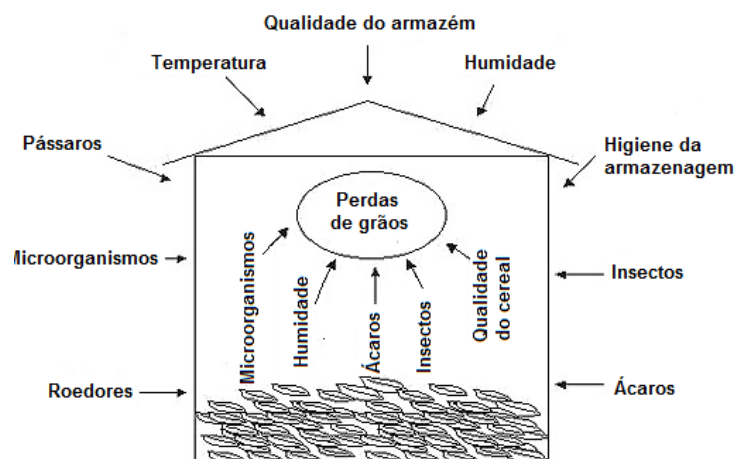


Figura 1 - Factores externos e internos que afectam a qualidade do armazenamento de grãos de cevada

Fonte: http://www.fao.org/inpho/content/compend/text/ch31/ch31_04.htm 13/08/2010

As **perdas quantitativas** dos produtos armazenados devem-se em parte ao derramamento de grãos dos sacos, a grãos danificados, a roubos ou a pragas. Podem também resultar das modificações do teor de água no grão durante o período de armazenagem (Gwinner *et al.*, 1997).

Segundo Prakash & Rao (1995), as perdas quantitativas ou perdas de peso causadas por insectos são de 5 a 25% por ano, sendo de 9% nos EUA e chegando a atingir 20 a 25% em alguns países em desenvolvimento.

As perdas causadas por insectos após a colheita podem ser directas ou indirectas. Uma perda directa é o desaparecimento de um produto armazenado como resultado da alimentação dos insectos, enquanto uma perda indirecta é uma redução de qualidade, na medida em que o valor de mercado desce ou o produto armazenado é rejeitado (Boxal, 2001).

Segundo Fontes (2003) as perdas quantitativas resultantes do ataque de *S. zeamais* a grãos de arroz com casca e sem casca são 2,2 e 7,6%, respectivamente.

Os grãos de cereais atacados por insectos nos quais se observam um baixo desenvolvimento populacional e pouca perda de peso (grãos), são considerados os mais resistentes ao ataque de insectos dos produtos armazenados (Shafique, 2007).

Os insectos do armazenamento alimentam-se do grão e destroem o gérmen, o que não só reduz directamente o peso dos produtos como também provoca **perdas de qualidade** nos grãos (Boxal, 2001). A contaminação por fragmentos de insectos e excrementos pode causar a perda de palatibilidade e maus odores (Prakash & Rao, 1995).

Algumas larvas de insectos alimentam-se preferencialmente do gérmen do grão, deste modo removendo uma larga proporção do teor de proteínas e vitaminas. Por outro lado, *Sitophilus* spp. alimentam-se principalmente do endosperma, reduzindo o teor de hidratos de carbono, o qual se traduz em perdas de valor nutritivo (Boxal, 2001).

No armazenamento uma infestação de insectos nas sementes afecta a capacidade germinativa das mesmas (Prakash & Rao, 1995).

Os insectos também podem ser vectores de fungos, os quais podem produzir micotoxinas - compostos químicos tóxicos produzidos por determinados fungos – ou outros agentes patogénicos.

Muitas vezes ocorrem várias modificações qualitativas em simultâneo, geralmente também relacionadas com a perda de peso (Gwinner *et al.*, 1997).

2.2. Factores que determinam as condições de armazenamento

A qualidade dos cereais armazenados depende de quatro factores importantes: o estado do grão, as condições ambientais durante o armazenamento, a acção de factores bióticos, tais como insectos, roedores e microrganismos e, os tratamentos fitossanitários aplicados aos grãos durante o período de armazenamento.

A actividade dos insectos está dependente da temperatura ambiente e humidade relativa (HR), pelo que estes dois factores são determinantes na duração do armazenamento seguro (Das & Chakraverty, 2003).

2.2.1. Factores abióticos

A **temperatura** exerce um importante efeito quantitativo sobre o desenvolvimento

dos insectos e a temperatura óptima para o crescimento e multiplicação, a qual varia de espécie para espécie, situa-se no intervalo 25-32°C. A actividade é em geral afectada a temperaturas inferiores a 15°C e superiores a 40°C (Das & Chakraverty, 2003, Adler, 2006) (Fig.2).

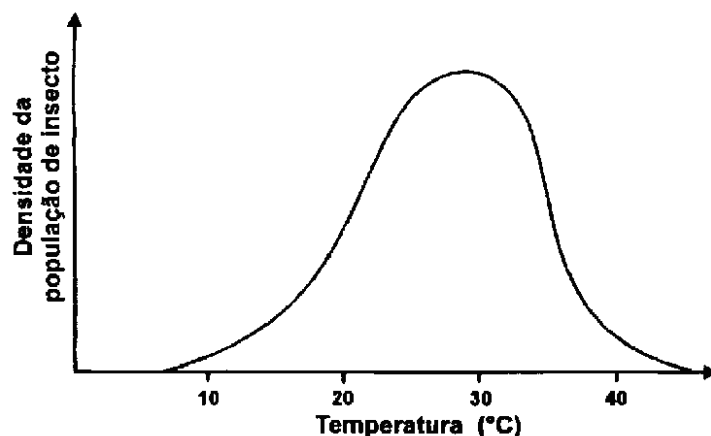


Figura 2 – A densidade da população de insectos vs temperatura (°C)

Fonte:http://www.cd3wd.com/cd3wd_40/INPHO/VLIBRARY/GTZHTML/X0065E/PO/X0065P0C.GIF

13/08/2010

Conforme a temperatura aumenta, a taxa de respiração dos insectos e do grão também aumentam, assim como a actividade enzimática dos grãos. Este aumento de actividade biológica leva a uma rápida deterioração da qualidade (Das & Chakraverty, 2003).

A água, tanto a presente no grão (**teor de água**) como a existente no ambiente circundante (**humidade relativa**) é, de entre os factores abióticos, aquele que mais influência pode ter no armazenamento (Salunkhe *et al.*, 1985).

O desenvolvimento e proliferação de insectos podem verificar-se dentro de valores bastante amplos de teores de água e de HR (Quadro 1) (Barros, 1996).

O teor de água do produto (tap) armazenado e a HR do ar ambiente no armazém tendem a encontrar um estado de equilíbrio. Dependendo da HR, o produto armazenado liberta água (secagem) ou absorve água (humedecimento) até alcançar o estado de equilíbrio (Fig.3) (Gwinner *et al.*, 1997). Um teor de água na ordem dos 12 – 14% é favorável ao desenvolvimento dos insectos (Das & Chakraverty, 2003).

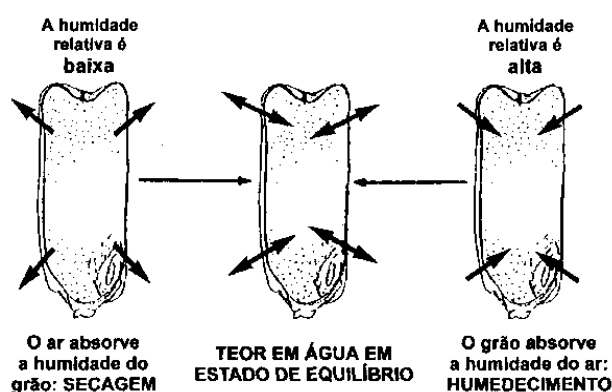


Figura 3 - Estado de equilíbrio do teor de água nos cereais e a humidade relativa do ar ambiente

Fonte: http://www.cd3wd.com/cd3wd_40/INPHO/VLIBRARY/GTZHTML/X0065E/PO/X0065P0A.GIF

13/08/2010

Quadro 1- Teor de água em equilíbrio do grão de arroz, a diferentes valores de temperatura e humidade relativa no armazenamento

	Humidade relativa (%)	Temperatura (°C)						
		22	24	28	32	36	40	44
Armazenamento seguro	50	11,2	10,9	10,7	10,5	10,2	10	9,9
	55	11,7	11,5	11,2	11	10,8	10,6	10,4
	60	12,3	12	11,8	11,6	11,4	11,2	11
	65	12,7	12,6	12,4	12,2	12	11,8	11,6
	70	13,5	13,3	13,1	12,8	12,6	12,5	12,3
Armazenamento não seguro	75	14,3	14	13,8	13,6	13,4	13,2	13
	77	14,6	14,3	14,1	13,9	13,7	13,5	13,4
	79	14,9	14,7	14,5	14,3	14,1	13,9	13,7
	81	15,3	15,1	14,9	14,6	14,5	14,3	14,1
	83	15,7	15,7	15,3	15,1	14,9	14,7	14,5
	85	16,1	15,9	15,7	15,5	15,3	15,1	15
	87	16,6	16,4	16,2	16	15,8	15,6	15,5
	89	17,2	17	16,8	16,6	16,4	16,2	16,1
	91	17,9	17,7	17,5	17,3	17,1	16,9	16,7

Nota: As células com cor laranja representam os grãos que necessitam de ser secados; as verdes representam os valores seguros para o armazenamento de grãos para consumo e/ou branqueamento; as amarelas representam os valores seguros para o armazenamento de longa duração.

Fonte: <http://www.knowledgebank.irri.org/rkb/index.php/drying-basics/equilibrium-moisture-content>

11/08/2010

A taxa de desenvolvimento dos insectos é mais elevada para valores elevados do tap e de HR do ar ambiente (Haines, 1991). O teor de água de um cereal infestado tem um efeito semelhante ao da temperatura, sobre o desenvolvimento dos insectos.

A germinação, crescimento microbiano, deterioração da cor, odores indesejáveis (*“off-flavors”*) e perda de valor nutritivo são os factores qualitativos mais comuns associados ao armazenamento com elevado teor de água do grão, o que torna os alimentos impróprios para consumo humano (Das & Chakraverty, 2003).

Temperatura, humidade relativa e teor de agua do produto armazenado elevados favorecem o desenvolvimento de organismos patogénicos. A respiração dos agentes patogénicos e do produto armazenado originam humidade e calor, factores que favorecem a proliferação das populações de pragas.

2.2.2. Factores Bióticos

O **cereal** armazenado é para o Homem o componente principal do ecossistema do armazenamento e o que é fundamental preservar. O cereal é um factor biótico e um organismo vivo num estado de dormência que pode permanecer inalterado por longos períodos (Navarro *et al.*, 2002).

A maioria das espécies de **insectos** nocivos presentes no arroz armazenado pertence às ordens Coleoptera (Quadro 2) e Lepidoptera, destacando-se dentro da ordem Coleoptera, as da família Curculionidae e as da Bostrichidae (Barros, 1996).

Quadro 2 - Espécies de insectos capturadas numa fábrica de processamento de arroz em Portugal

Ordem	Família	Espécie
Coleóptera	Curculionidae	<i>Sitophilus zeamais</i> (Motschulsky)
		<i>Sitophilus oryzae</i> (Linnaeus)
	Tenebrionidae	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)
		<i>Gnathocerus cornutus</i> (Fabricius)
	Cucujidae	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephens)
	Bostrichidae	<i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius)
	Mycetophagidae	<i>Typhaea stercorea</i> (Linnaeus)
	Pteromalidae	<i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard)

Fonte: Faro (2010)

2.3. *Sitophilus* spp. associados ao arroz armazenado

2.3.1. Caracterização sistemática/ taxonómica

A ordem Coleoptera compreende cerca de 250000 espécies conhecidas, muitas das quais têm a capacidade de explorar habitats feitos ou modificados pelos humanos e, devido a isso são actualmente pragas importantes. As espécies de maior importância dos produtos armazenados pertencem essencialmente a sete famílias: Bostrychidae, Bruchidae, Cucujidae, Curculionidae, Dermestidae, Silvanidae e Tenebrionidae (Rees, 1995).

A família Curculionidae (Quadro 3) tem cerca de 40000 espécies descritas, que atacam uma larga variedade de hospedeiros. Os adultos dos insectos desta família são facilmente reconhecidos pela presença de uma cabeça prolongada num rostro – onde estão localizadas as peças bucais - de comprimento muito variável, assim como antenas genículo-clavadas. Os curculionídeos, em sua grande maioria, são fitófagos, tanto na fase larval como na adulta. Muitas espécies são importantes pragas de diversas culturas, bem como de grãos armazenados (Ambrogi *et al.*,

2009).

O género *Sitophilus* possui três espécies de insectos associadas ao cereais armazenados: *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *S. oryzae* (L.) e *S. granarius* (L.) (Haines, 1991).

A partir do século XX a biologia de *Sitophilus* spp. foi objecto de inúmeros estudos, dos quais, os mais importantes foram realizados durante ou a seguir aos dois grandes conflitos mundiais, quando os estados neutros, na sua obrigação de armazenar grandes quantidades de cereais, se confrontaram com a importância económica dos danos causados pelos gorgulhos (Barros, 1990).

Quadro 3 – Hierarquia taxonómica

Classe	Insecta
Ordem	Coleoptera
Subordem	Polyphaga
Família	Curculionidae
Subfamília	Dryophthorinae
Tribo	Rhynchophorini
Género	<i>Sitophilus</i>
Espécie	<i>zeamais</i>

Fonte: <http://bugguide.net> 29/10/2010

2.3.2. Origem e Distribuição Geográfica

S. oryzae e *S. zeamais* são originários das zonas tropicais ou subtropicais do globo. *S. granarius* é uma praga importante nas regiões temperadas, enquanto o *S. zeamais* e *S. oryzae* se desenvolvem melhor nas regiões mediterrânicas, tropicais e subtropicais. O clima, o sistema agrícola e as condições sócio-económicas das várias partes do globo são as razões da actual distribuição destes insectos (Sinha, 1991).

2.3.3. Morfologia

Os insectos Curculionidae sofrem metamorfose completa (Fig.4). Os adultos são normalmente muito esclerotizados e são facilmente identificados pela presença de élitros ou asas externas rígidas e por possuírem a cabeça projectada à frente na forma de rostro (Fig.5). Estas actuam somente como protecção das asas internas (se estiverem presentes) e de alguns ou todos os segmentos abdominais (Haines, 1991).



Figura 4- Ciclo de vida de *Sitophilus oryzae* - ovo, pupa, larva e adulto
Fonte: Adaptado por www.padil.gov.au (16/08/2010) de Canadian Grain Commission



Figura 5 – Representação esquemática de *Sitophilus zeamais*
Fonte: www.padil.gov.au 29/10/2010

O comprimento dos insectos **adultos** (Fig.6) não ultrapassa os 5 mm, de bordos paralelos, dorsalmente achatados e quase glabro. A cabeça com o rostro é mais curta que o protórax, o qual é cilíndrico à frente e dilatado na parte basal. Na

extremidade anterior do rostro, diante dos olhos, situa-se a armadura bucal com peças cortantes, com as quais o insecto ataca os grãos (Fig.7). As antenas genículo-clavadas são constituídas por um longo escapo claviforme seguido de um funículo de seis artículos e de uma clava aparentemente triarticulada.



Figura 6 – Insecto adulto de *Sitophilus zeamais*



Figura 7- Rostro de *Sitophilus oryzae*.

Fonte: Adaptado por www.padil.gov.au

(16/08/2010)

O protórax é alongado, truncado na parte anterior e de flancos medianamente convexos. Os élitros apresentam pontuações arredondadas. Os fêmures são robustos e as tíbias fortemente ungladas. Os tarsos são curtos e aparentemente quadriarticulados (Steffan, 1963).

S. granarius é semelhante na aparência a *S. zeamais* e *S. oryzae*, mas é possível ser diferenciado pela ausência das asas internas e pela forma oval das punções no protórax enquanto *S. zeamais* e *S. oryzae* têm punções redondas.

Os élitros do *S. granarius* não têm marcas e são castanhos, enquanto os dos *S. zeamais* e *S. oryzae* podem ter quatro pontuações amarelo-avermelhado.

A taxonomia deste género e particularmente a relação entre *S. zeamais* e *S. oryzae* foi até recentemente muito confusa. *S. zeamais* e *S. oryzae* não são distinguíveis através das características externas, para haver diferenciação entre eles, requer-se a dissecação e examinação da genitália (Fig.8) (Rees, 1995).

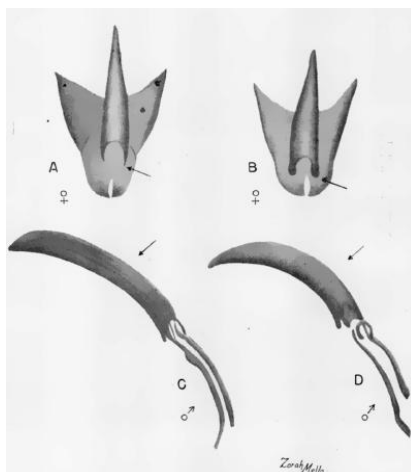


Figura 8 - Genitália do *Sitophilus zeamais* e de *Sitophilus oryzae*

Legenda: A- Genitália feminina de *Sitophilus zeamais*; B- Genitália feminina de *Sitophilus oryzae*; C- Aedeagus de *Sitophilus zeamais*; D- Aedeagus de *Sitophilus oryzae*
 Fonte: Rossetto (1969)

O **ovo** de *S. zeamais* é opaco, de cor branca brilhante e de forma oval ou ligeiramente piriforme, embora apresente uma extremidade ligeiramente achatada. A largura e comprimento variam de 0,2 a 0,3 mm e de 0,5 a 0,8 mm, respectivamente (Steffan, 1963).

A **larva** é ápoda, hemicefálica e de coloração branco-pérola (Fig.9). Tem a particularidade de apresentar um formato extremamente recolhido, o que a distingue das larvas de outros coleópteros dos grãos armazenados. Antes da passagem ao estado de pupa, a larva passa por um estágio intermédio de pré-pupa (Steffan, 1963).

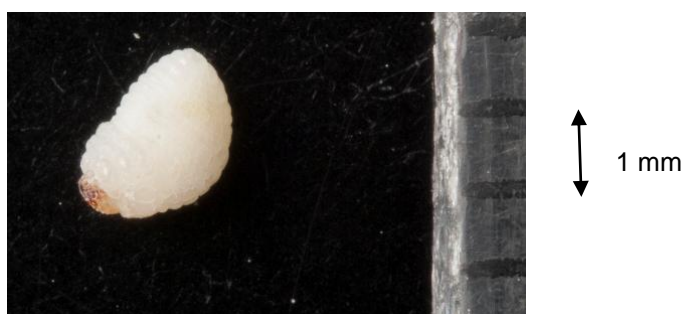


Figura 9 – Larva de *Sitophilus zeamais*

A **pupa** (Figs. 10 e 11) é de tamanho semelhante ao adulto. De cor branco-pérola, tal como a larva adulta, vai escurecendo lentamente até atingir uma coloração amarelo-creme. A cabeça é semelhante à do adulto com as peças da armadura

bucal rudimentares e um rostro já bem desenvolvido (Barros, 1990).



Figura 10- Pupa de *Sitophilus* spp. dentro de um grão

Fonte: Adaptado por www.padil.gov.au

(16/08/2010) de USDA, Agricultural Research

Services

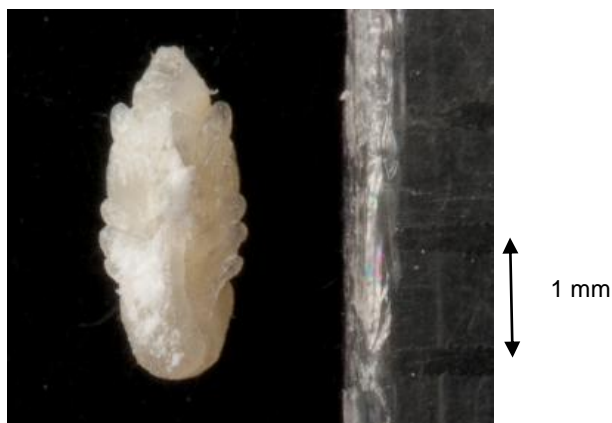


Figura 11 – Pupa de *Sitophilus zeamais*

2.3.4. Bioecologia

S. zeamais constitui uma praga importante dos produtos armazenados, ataca especialmente cereais e seus derivados. É no entanto, pouco restritiva na gama de produtos que pode infestar (Champ & Dyte, 1976). No caso do arroz, levantamentos detalhados na Indonésia mostraram que *S. zeamais* é dominante no arroz branqueado, enquanto *S. oryzae* é mais comum no arroz com casca. O arroz importado de várias origens pela Grã-Bretanha é mais vezes infestado por *S. zeamais* do que por *S. oryzae*. Todavia, as duas espécies têm capacidade de se desenvolver em todos os cereais e também em cereais processados como as massas. Ambas as espécies também têm sido relatadas como pragas frequentes da mandioca seca (Haines, 1991). Em Portugal a espécie predominante do arroz armazenado é *S. zeamais* (Passarinho *et al.*, 2007).

Embora ambas as espécies sejam capazes de voar, *S. zeamais* tem maior tendência e capacidade para o fazer. Quando os grãos são armazenados em pequenas propriedades é mais provável ser o *S. zeamais* a voar para a cultura madura no campo e iniciar a infestação ainda antes do armazenamento (Haines, 1991).

O peso e o tamanho de *Sitophilus* spp. variam, entre outros factores, com as suas características genéticas, a natureza do produto infestado e as condições de temperatura e humidade relativa (Barros, 1990).

O tipo de grão, a variedade, a idade, o teor de água, a temperatura ambiente e a humidade relativa podem influenciar a postura do *Sitophilus* spp. (Haines, 1991).

Os adultos têm uma vida longa (vários meses até um ano). A postura dá-se ao longo da vida adulta, embora 50% da postura ocorra nas primeiras 4-5 semanas de vida do insecto adulto, período em que a fêmea pode pôr mais de 150 ovos. Após o 3º dia da emergência de fêmeas adultas podem encontrar-se fêmeas fecundadas. Uma única fecundação permite à fêmea pôr ovos durante dois a três meses, tempo ao fim do qual a espermateca fica vazia (Howe, 1952).

Sitophilus spp. realiza a postura nas sementes e os estádios imaturos desenvolvem-se no interior das mesmas. Deste modo, os recursos disponíveis para a larva são determinados pelo comportamento da fêmea e pela qualidade dos grãos nos quais os ovos são depositados (ex. tamanho da semente, teor de água e presença de outra larva). O tamanho dos grãos e a competição entre larvas pode ter impacto na sobrevivência e fecundidade (Haines, 1991).

Em sementes de elevada qualidade e tamanho verifica-se uma maior probabilidade de sobrevivência das larvas e maior descendência, do que em sementes pequenas e de menor qualidade (Campbell, 2002).

As fêmeas das espécies do género *Sitophilus* fazem uma selecção de grãos no mesmo cereal, ou seja, depositam maior número de ovos em grãos inteiros do que em grãos partidos, sendo estes e os que estão já infestados utilizados na alimentação dos insectos adultos. Os grãos disformes ou alterados são sempre recusados pelas fêmeas para a postura (Steffan, 1963). Ewer (1945) verificou que as fêmeas de *S. granarius* preferiam realizar a postura em cereais de grandes dimensões do que em cereais de pequenas dimensões. Comportamento similar foi observado em *S. zeamais* (Segrove, 1951).

Não é raro mais de um ovo ser posto num único grão, mas é raro desenvolver-se mais do que uma larva até à maturidade, devido ao canibalismo. O desenvolvimento da larva sobrevivente é ligeiramente prolongado (Longstaff, 1981). Em situações de alimento disponível as fêmeas podem fazer a postura de um ovo por grão mas em situações de grandes populações podem pôr vários ovos no mesmo grão ou em

grãos já previamente infestados. O número de ovos depositados também está relacionado com o tamanho do grão.

Os ovos são postos em pequenas cavidades no interior dos grãos de cereais que são construídas pelas fêmeas; cada cavidade é selada pela secreção cerosa produzida pela fêmea e dessa forma o ovo fica protegido (Howe, 1952).

Para *S. zeamais* a postura ocorre a temperaturas entre os 15 e os 35°C (a temperatura óptima ronda os 25°C) e com uma humidade no interior do grão superior as 10%. O período de incubação do ovo é cerca de 6 dias a 25°C (Howe, 1952).

A larva começa a alimentar-se no interior do grão, escavando um túnel à medida que se desenvolve. Esta passa por quatro instares e só depois atinge os estados de pupa e pré-pupa. A pupação ocorre dentro do grão e os adultos recentemente desenvolvidos abrem o seu caminho de saída, deixando um buraco largo muito característico (Haines, 1991).

Os períodos médios de desenvolvimento variam de 35 dias em condições óptimas até mais de 110 dias em condições desfavoráveis. A duração do período de desenvolvimento depende também do tipo e qualidade do grão infestado (Haines, 1991).

Nos insectos adultos os movimentos são mais rápidos quanto mais elevada é a temperatura (termotropismo positivo). São também muito sensíveis à secura, logo o seu higrotropismo positivo leva-os a procurar ambientes onde a humidade relativa seja igual ou superior a 70% (Steffan, 1963). Os insectos do género *Sitophilus* têm fototropismo negativo, ou seja, além de evitarem a acção directa da luz, a sua actividade é essencialmente nocturna (Steffan, 1963). Demonstram tigmotactismo positivo que se manifesta pelo hábito de se esconderem no interior da pilha de grãos ou, se o armazém estiver vazio, nas fendas das paredes (Coombs & Freeman, 1955). A sensibilidade a vibrações do ambiente natural, fá-los abandonar a massa de grãos e acelerar a saída dos jovens adultos (pré-adultos) que costumam permanecer no interior dos grãos, após terem concluído a fase de pupa. Apresentam também imobilidade reflexa, definida por (Fleurat-Lessard, 1982), que consiste no recolher rápido, por parte dos adultos, das antenas e das patas, sob o corpo, seguido de um tempo de imobilização em que o insecto se finge de morto, quando sujeito a uma agressão exterior (Barros, 1990).

2.4. Arroz

2.4.1. O sector orizícola em Portugal

Segundo os dados mais recentes, o consumo de arroz em Portugal está estimado em 159000 ton/ano (2009), correspondendo ao país europeu com o segundo maior consumo de arroz *per capita* da Europa, ou seja, 14,84 kg/pessoa/ano (Quadro 4), sendo só ultrapassado pela Albânia com 17,85 kg/pessoa/ano (2007) (FAOSTAT, 2010).

Quadro 4 - Consumo *per capita* e produção de arroz em Portugal

Ano	Arroz					
	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Consumo de arroz per capita (Kg)	17,10	17,09	15,18	14,84	*	*
Produção (ton)	149255	121495	147200	156200	150700	159000

(*) Não existem dados disponíveis

Fonte: www.faostat.fao.org 29/10/2010

De acordo com o recenseamento geral da agricultura (RGA) de 1999 existiam 2090 explorações de arroz, sendo este produzido nas regiões da Beira Litoral, Ribatejo e Oeste, Alentejo e Algarve (Quadro 5), associadas às bacias hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis, Tejo e Sorraia, Sado, Mira e Guadiana e às barragens de Silves e Lagoa, respectivamente.

Quadro 5 – Número de explorações de arroz em Portugal

Número de explorações	
Beira Litoral	1312
Ribatejo e Oeste	270
Alentejo	508

Fonte: RGA (1999)

A Beira litoral corresponde a 23% da área total da cultura no país, o Ribatejo e Oeste correspondem a 32%, o Alentejo a 43% e o Algarve a 2% (Silva & Rodrigues, 2001). Segundo o INE, no ano 2008, a região sul de Portugal continental era a que

possuía a maior área de cultivo de arroz (ha) e também a maior produção (ton) (Quadro 6).

Quadro 6 - Produção de arroz em Portugal continental

2008		
	Superfície (ha)	Produção (ton)
Portugal continental	26334	150680
Centro	6.361	30.744
Lisboa	1.724	11.752
Alentejo	18.021	107.067
Algarve	228	1.117

Fonte: INE (2010)

Apesar da Beira litoral ter o maior número de explorações com esta cultura esta região corresponde somente a 23% da área total.

2.4.2. Género *Oryza*

O arroz comum, *Oryza sativa* L. e o arroz Africano, *Oryza glaberrima* (Steud.) são um exemplo de evolução paralela nas plantas. O progenitor selvagem de *O. sativa* é o comum arroz selvagem asiático, *Oryza rufipogon* Griff.. *Oryza nivara* (Sharma & Shastri) foi domesticado para se tornar *O. sativa*. Num caminho evolucionário paralelo, *O. glaberrima* foi domesticado da planta anual *Oryza breviligulata* A. Chev. & Röhr. a qual provinha da planta perene *Oryza longistaminata* A. Chev. & Röhr (Fig.12) (Singh, 2000).

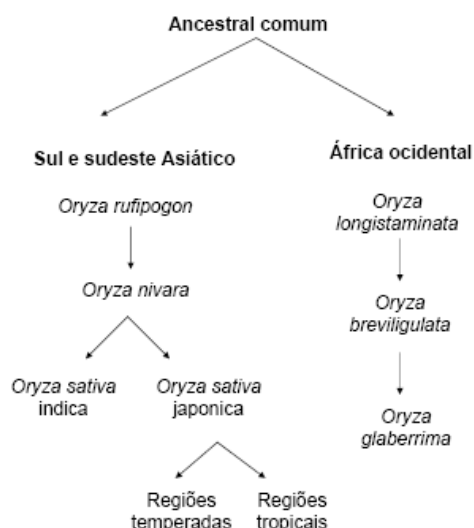


Figura 12 - Evolução das duas espécies cultivadas de arroz
Fonte: Singh (2000)

A espécie asiática deu origem a duas subespécies de arroz: *indica* e *japonica*. A primeira é de grão médio (5-6 mm) a longo (>6 mm), o teor de amilose é médio a elevado mostrando pouca desintegração quando cozinhado e constitui 80% do arroz mundial. A subespécie japónica é de grão pequeno (4-5 mm) e redondo, o teor de amilose é pequeno, deste modo o arroz cozido é pegajoso e brilhante e tende a desintegrar-se quando a cozedura demora muito tempo (Chandler, 1979).

Quanto ao comprimento dos grãos de arroz e segundo o decreto-lei n.º62/2000, os grãos podem ser redondos, médios e longos A e B.

Grão redondo: Grão com comprimento igual ou inferior a 5,2 mm e cuja relação comprimento/largura seja inferior a 2;

Grão médio: Grão com comprimento superior a 5,2 mm e inferior ou igual a 6,0 mm e, cuja relação comprimento/largura seja inferior a 3.

Grão longo B: Grão com comprimento superior a 6,0 mm e cuja relação comprimento/largura seja superior a 2 e inferior a 3.

Grão longo A: Grão com comprimento superior a 6,0 mm e cuja relação comprimento/largura seja superior ou igual a 3.

O grão longo A é considerado como tendo perfil *indica* e os grão longo B, médio e redondo são considerados como tendo perfil *japonica*.

2.4.3. Estrutura do grão de arroz

O grão de arroz é constituído pela cariopse e por uma camada protectora, a casca. A **casca** é composta por duas folhas modificadas, a pálea e a lema, correspondendo a cerca de 20% do peso do grão, mas este valor pode variar de 16 a 28% dependendo das variedades (Juliano & Bechtel, 1985). As células da casca são muito lenhificadas e quebradiças, com elevada concentração de sílica (De Datta, 1981). A casca intacta (Figs.13, 14, 15 e 16) fornece uma barreira contra o ataque da maioria dos insectos e protege o grão das rápidas alterações do teor de humidade da cariopse e de possíveis danos (Hettiarachchy *et al.*, 2000). Cogburn (1974) reportou que as cascas de arroz intactas excluía totalmente a capacidade de oviposição e de alimentação de *Sitophilus* spp.



Figura 13 – Grão de arroz da variedade Albatros com a casca intacta



Figura 14 - Grão de arroz da variedade Eurosia com a casca intacta



Figura 15 - Grão de arroz da variedade Gládio com a casca intacta



Figura 16 - Grão de arroz da variedade Thaibonnet com a casca intacta

Breese (1963) refere que *S. oryzae* só consegue alimentar-se e pôr ovos nos grãos de arroz com casca, quando esta tem uma cisão ou abertura de dimensão superior ao rostro do insecto ou seja, maior de 0,12 mm.

Algumas variedades de grãos debulhados apresentam melhores propriedades de armazenamento do que outras devido ao tipo de endosperma, espessura, dureza, fragilidade e resistência à separação do tegumento. A dureza afecta a taxa de danos provocada pelos insectos (Hall, 1970). Segundo Hall (1970) grãos de cereais com valores elevados ou baixos de dureza são igualmente susceptíveis à infestação por insectos, embora Doggett (1958) e Davey & Elcoate (1962) tenham mostrado que

em relação às sementes de sorgo, quanto menos duro era o grão maior a quantidade de ovos postos.

Quanto mais elevado for o teor de água, mais suave fica o grão (Hall, 1970).

A elevada concentração de sílica opalina presente na camada externa das cascas do arroz resultam numa dureza efectiva de aproximadamente 5 ½ - 6 ½ (Escala de Mohs), um grau de dureza tão elevado que as cascas de arroz podem ser usadas como abrasivo (Luh, 1991).

A **cariopse** é formada por diferentes camadas, sendo as mais externas o pericarpo, o tegumento e a camada de aleurona (Fig.17), que representam 5-8% do peso do arroz integral.

O **embrião** ou **gérmen** está localizado no lado ventral na base do grão, é rico em proteínas e lípidos e representa 2-3% do arroz integral.

O **endosperma** forma a maior parte do grão (89-94% do arroz integral) e é composto por células ricas em grânulos de amido e alguns corpos proteicos (Juliano & Bechtel, 1985).

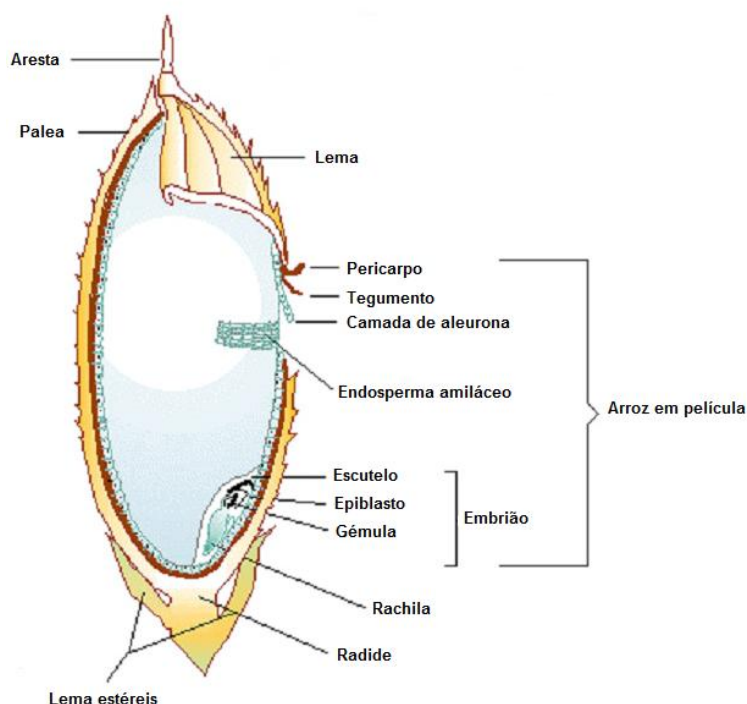


Figura 17 – Estrutura do grão de arroz

Fonte: <http://www.ikisan.com/Images/ri.%20gm.%20Rice1.gif> 16/08/2010

Durante o processo convencional de polimento o arroz deve perder pelo menos 10% do seu peso inicial, embora na prática as perdas sejam mais elevadas. O grão é polido, por desgaste, perdendo deste modo o pericarpo e tornando-se branco. O arroz branqueado difere morfológicamente (dimensão dos grãos) e bioquimicamente (eliminação do gérmen e do pericarpo) do arroz película e consequentemente na sua sensibilidade ao ataque dos insectos (Lucas & Riudavets, 2000).

Segundo McGaughey (1974), Singh (1981) e Cho *et al.* (1988) a reprodução de *S. oryzae* é maior no arroz película do que no arroz branqueado e o período de desenvolvimento é menor no arroz película do que no arroz branqueado.

Segundo Haryadi & Fleurat-Lessard (1994) a ausência da totalidade ou de só uma porção de pericarpo, incluindo o embrião, afecta o período de desenvolvimento de *S. oryzae* (Quadro 7). O aumento do polimento no arroz reduz a adequação do grão ao desenvolvimento de *S. oryzae* (McGaughey 1974). Cogburn *et al.* (1980) verificou que algumas variedades de arroz eram menos infestadas que outras e concluiu que este fenómeno ficou a dever-se ao facto de estes grãos terem significativamente menos quantidade de película que outras variedades.

Foi demonstrado por Trematerra *et al.* (1999) que *Triticum* spp. branqueado é menos atractivo para os gorgulhos, devido à eliminação do gérmen e do pericarpo.

Quadro 7 – Tempo médio de desenvolvimento (dias) de *Sitophilus oryzae* em três tipos de grão de oito variedades

Variedade	Arroz em película	Arroz branqueado
IR-42	35,50	43,00
Cisadane	35,35	46,50
Sirendah	35,22	42,42
Hawara-batu	35,33	44,50
Bah-butong	35,50	0
Pandan-wangi	35,46	47,89
Sukadane	35,95	49,50
Sungai-rampah	36,38	43,00
Média ^a	35,69b	45,25

^a médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente (Newman-Keuls test, p=0,05)

Fonte: Haryadi & Fleurat-Lessard (1994)

Lucas & Riudavets (2000) verificou que a mortalidade da descendência de *S. oryzae* aumentava significativamente com a intensidade do polimento (Fig.18) e a

população do insecto no grão branqueado (branqueado e depois infestado) diminuía 40% em relação ao arroz em película (Fig.19).

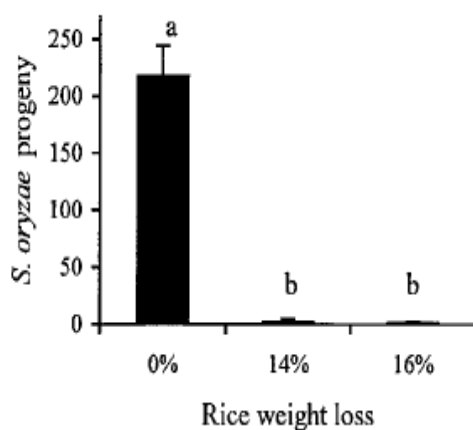


Figura 18 - Total de adultos de *Sitophilus oryzae* que emergiram em nove semanas em arroz película e arroz branqueado (dois graus de branqueamento de 14% e 16% de perda de peso)

(Diferentes letras indicam que existem diferenças significativas entre as médias das variedades – Teste de Tukey, $n=12$, $p<0,05$)

Fonte: Lucas & Riudavets (2000)

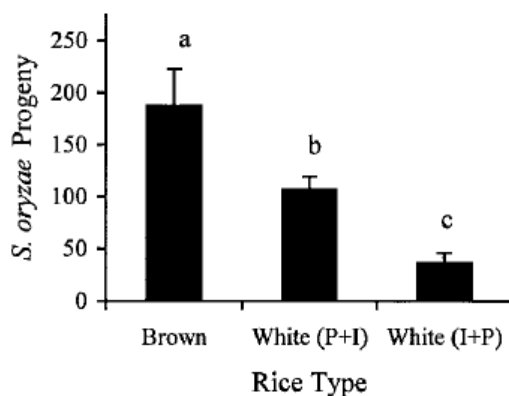


Figura 19 – Total de adultos de *Sitophilus oryzae* que emergiram do arroz em película (*brown rice*), do arroz branqueado (polido e depois infestado) (*white rice P+I*) e do arroz branqueado (infestado e depois polido) (*white rice I+P*)

(Diferentes letras indicam que existem diferenças significativas entre as médias das variedades – Teste de Tukey, $n=12$, $p<0,05$)

Fonte: Lucas & Riudavets (2000)

2.4.4. Composição química/Valor nutricional

Só é comestível a fracção de arroz integral. A elaboração por abrasão ou fricção para eliminar o pericarpo, o tegumento, as camadas de aleurona e o embrião e, assim obter o arroz branqueado, tem como consequência a perda de lipídios, proteína, cinza, tiamina, riboflavina, niacina e α -tocoferol (vitamina E) (Fig. 20) (Juliano, 1994).

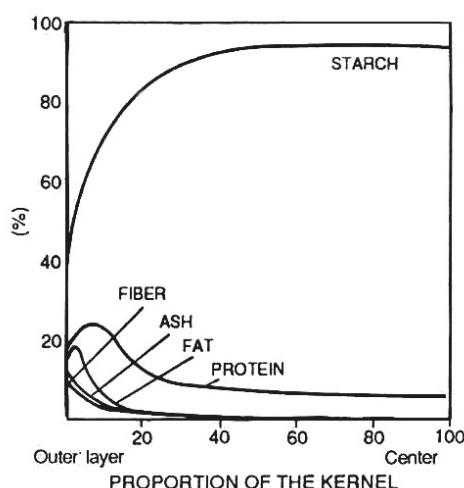


Figura 20 - Distribuição padrão da maioria dos constituintes do arroz integral
Fonte: Adaptado de Barber, 1972 por Juliano, 1994

O **hidrato de carbono** predominante no arroz é o **amido**, com pequenas proporções de pentosanas, hemiceluloses e açúcares. O amido corresponde a cerca de 85-90% da composição do arroz branqueado. Os maiores constituintes do amido, são a amilose e a amilopectina (Houston & Kohler, 1970).

O amido é um polímero de unidades de D-glucose ligadas através de ligações α -(1-4) e é composto por uma fracção essencialmente linear, a amilose, e de uma fracção ramificada, a amilopectina. Os locais de ramificação têm ligações α -(1-6) (Juliano, 1994).

O arroz branqueado tem cerca de 1-2% de pentosanas, enquanto o arroz integral tem 2,2-2,5% (Houston & Kohler, 1970).

O **açúcar** varia entre 0,3 a 0,5% no arroz branqueado e cerca de 0,6 a 1,4% no arroz integral. Os açúcares livres são predominantemente a sacarose e pequenas proporções de glucose e frutose (Houston & Kohler, 1970).

Os valores médios do conteúdo em **proteínas** variam de 5,3-13,4% para o arroz branqueado e de 6,7-13,5 para o arroz integral (Houston & Kohler, 1970). A proteína do endosperma é composta por várias frações que compreendem 15% de albumina (hidrossolúvel) e globulina (solúvel em soluções salinas), 5-8% de prolamina (solúvel em álcool) e o restante é glutelina (parcialmente solúveis em soluções ácidas e alcalinas) (Juliano & Bechtel, 1985). As proteínas do farelo do arroz são mais ricas em albumina que as do endosperma (Juliano, 1994).

Os teores de proteínas e aminoácidos estão concentrados nas camadas mais externas do arroz branqueado, diminuindo da periferia para o centro do grão. As proporções de albumina e globulina na proteína também são maiores nas camadas mais externas do grão, enquanto as proporções de glutelina têm uma distribuição inversa (Juliano, 1994).

A maioria dos **lípidos** do arroz é removida durante o polimento. Enquanto o arroz branqueado contém cerca de 0,3-0,7% de gordura, o arroz integral contém 1,5-2,5% de gordura (Houston&Kohler, 1970). O conteúdo em lípidos do arroz está principalmente no farelo (20% em peso seco), mas também estão presentes cerca de 1,5-1,7% no arroz branqueado, principalmente como lípidos amiláceos (Quadro 8) (Juliano, 1994).

Os principais ácidos gordos são o ácido linoleico, o ácido oleico e o ácido palmítico. Os lípidos amiláceos são principalmente lípidos monoacíclicos compostos com amilose. O conteúdo em lípidos amiláceos atinge valores mínimos para os grânulos de amido glutinoso ($\leq 0,2\%$) e atinge os valores máximos para arroz com teor de amilose intermédios (1,0%), podendo ser ligeiramente inferior em arroz de elevado conteúdo de amilose (Juliano, 1994).

O arroz e os seus subprodutos não contêm nenhuma ou pouca quantidade de vitamina A, ácido ascórbico ou vitamina D. Os teores de tiamina e riboflavina diferem entre as variedades. Além disso, os valores de tiamina, riboflavina e ácido nicotínico (niacina) variam consoante o grau de polimento (Quadro 9) (Houston & Kohler, 1970).

Quadro 8 - Composição média do arroz (100g)

Fracções	Proteína* (gNx5,95)	Lípidos (g)	Fibra* (g)	Cinza* (g)	Hidratos carbono (g)	Conteúdo energético (Kcal)
Arroz casca	5,8-7,7	1,5-2,3	7,2-10,4	2,9-5,2	64-73	378
Arroz integral	7,1-8,3	1,6-2,8	0,6-1,0	1,0-1,5	73-87	363-385
Arroz branq.	6,3-7,1	0,3-0,5	0,2-0,5	0,3-0,8	77-89	349-373
Película arroz	11,3-14,9	15-19,7	7,0-11,4	6,6-9,9	34-62	399-476
Casca arroz	2,0-2,8	0,3-0,8	34,5-45,9	13,2-21,0	22-34	265-332

Legenda: (*) - bruta. Arroz casca – Arroz com casca. Arroz branq. – Arroz branqueado. Película arroz – Película do arroz. Casca arroz – Casca de arroz.

Fonte: Juliano (1994)

Quadro 9 - Teor de vitaminas no arroz e nos seus sub-produtos (mg/100g)

Constituintes	Arroz integral	Arroz branqueado	Farelo de arroz
Tiamina	0,34	0,07	2,26
Riboflavina	0,05	0,03	0,25
Niacina	4,7	1,6	29,8
Piridoxina	1,03	0,45	2,5
Ácido pantoténico	1,5	0,75	2,8
Ácido Fólico	0,02	0,016	0,15
Inositol	119	10	463
Colina	112	59	170
Biotina	0,012	0,005	0,06

Fonte: Houston & Kohler (1970)

A susceptibilidade à infestação também está directa ou indirectamente relacionada com os valores nutricionais dos grãos. Deste modo, a ausência de vitaminas essenciais e esteróis reduz a susceptibilidade (Hall, 1970).

O arroz assemelha-se a outros cereais na constituição de **minerais**. Porém, o processo de polimento remove consideráveis proporções de minerais. O arroz branqueado tem menos de 0,5% de cinza. O conteúdo em **minerais** no arroz varia consideravelmente, dependendo do tipo de solo da área onde é produzido (Houston & Kohler, 1970).

2.5. Espectroscopia de infravermelho médio (ATR-FTIR)

Com a espectroscopia de infravermelho médio é possível fazer a caracterização química do grão de arroz. Esta corresponde à gama de números de onda que vão desde os 4000 aos 400 cm^{-1} (Fig.21). O espectro de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR - *Fourier transform infrared spectroscopy*) é o resultado da absorção das vibrações fundamentais (alongamento e deformação) das ligações dos grupos funcionais activos no Infravermelho (IV). Uma molécula absorve radiação no IV somente quando se altera o momento dipolar permanente durante a vibração. Como corolário, as ligações polares são as mais intensas no IV. Esta técnica fornece portanto informação sobre a estrutura das moléculas.

O modo de reflectância total atenuada (ATR – *Attenuated Total Reflectance*) é usado na análise da superfície de materiais sólidos ou líquidos. É também adequado para caracterização de materiais que sejam demasiado finos ou que absorvam mais intensamente quando analisados por espectroscopia de transmitância. Na espectroscopia de infravermelhos por ATR, a superfície da amostra é colocada em contacto com a superfície dum cristal óptico. A radiação infravermelha proveniente da fonte passa através do cristal (com um elevado índice de refacção) incidindo uma ou várias vezes na superfície da amostra. Quando o ângulo de incidência na interface amostra/cristal excede o ângulo crítico, a reflexão total interna da radiação ocorre e uma onda evanescente é estabelecida na interface. A radiação é reflectida através do cristal penetrando na amostra a cada reflexão, ao longo da superfície do cristal (Santos, 2007).

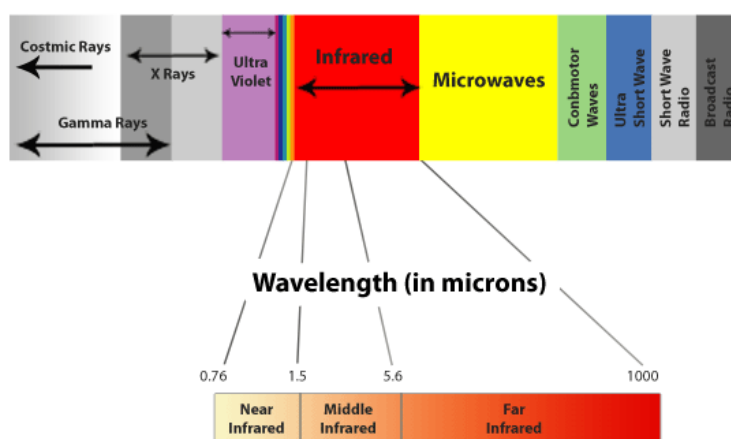


Figura 21 – Espectro do infravermelho

Fonte: http://www.healthmatesauna.com/whyinfrared/images/far_Infrared.gif 21/08/2010

3. Material e Métodos

3.1 Arroz

3.1.1. Variedades seleccionadas

As variedades escolhidas são produzidas e consumidas em Portugal.

Foram seleccionadas quatro variedades de arroz cultivadas em Portugal para serem analisadas e submetidas a ensaios biológicos. Duas variedades de perfil *japonica* – Albatros e Eurosia – e duas de perfil *indica* – Gládio e Thaibonnet.

O arroz com casca, em película e branqueado, das quatro variedades pertenciam ao mesmo lote e, foram disponibilizadas, descascadas e polidas pelo Cotarroz – Centro Operativo e Tecnológico do Arroz.

O descasque foi realizado por uma descascadora da marca Satake e o branqueamento por um branqueador da marca LUSITAL.

3.1.2. Preparação das amostras

Para a preparação do ensaio biológico as amostras foram mantidas durante duas semanas a -15°C no laboratório do Centro de Protecção Integrada dos Produtos Armazenados (CPIPA) – Instituto de Investigação Científico Tropical (IICT). Este procedimento justificou-se pela necessidade de eliminação de eventuais infestações ocultas e/ou latentes.

Posteriormente os grãos de arroz foram seleccionados manualmente, com o auxílio de um pincel, separando-se o arroz inteiro das impurezas e do arroz com defeito.

Após este procedimento, as amostras foram colocadas numa câmara climática da Aralab, modelo FITOCLIMA S- 600 com um controlador *ClimaPlus 400*, a condições de 27°C e 70% de HR durante duas semanas, a fim de se estabelecer um equilíbrio higroscópico entre o teor de água do arroz e a humidade relativa da estufa.

3.1.3. Observação de grãos de arroz com casca fendilhada

Foram retirados aleatoriamente 100 grãos de arroz com casca de cada variedade e observaram-se à lupa, pertencente à marca WILD HEERBRUGG e modelo Wild M 400 PHOTOMAKROSKOP com ampliação x10. Consideraram-se grãos com casca fendilhada aqueles cuja fenda era superior a 0,12 mm.

3.1.4. Determinação do teor de água do arroz

O teor de água é uma propriedade física de elevada importância na qualidade do arroz, porque o seu valor pode ser limitante ou favorável ao desenvolvimento e actividade dos insectos.

A determinação do teor de água foi efectuada segundo a norma ISO-712 (2009). Determinou-se o teor de água para o arroz com casca, arroz em película e arroz branqueado e para cada variedade fizeram-se 3 repetições. Trabalhou-se com amostras de 5g de arroz, que foram pesadas numa balança Mettler AE 240.

Efectuou-se a pré-secagem das amostras numa estufa Heraeus D-6450 a $130^{\circ}\pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 7 minutos. Depois as amostras foram moídas num moinho General Electric A-C Motor, usando uma malha de 40 mesh para produzir farinha de arroz. De seguida foram colocadas novamente na estufa durante 120 ± 5 min a $130^{\circ}\pm 3^{\circ}\text{C}$.

Registaram-se os pesos das amostras antes e depois de concluído o método. Com base na diferença dos valores das pesagens, calculou-se o teor de água.

3.1.5. Determinação da dureza do arroz cru

A análise da textura foi realizada através do teste de compressão, utilizando um texturómetro TA.XT2 da *Stable Microsystems* e uma sonda *blade set with knife* (Fig.22) Neste teste mediu-se a resistência que o grão de arroz oferece ao ser cortado por uma lâmina a uma velocidade constante de 1 mm.s^{-1} (velocidade pré-teste: 1 mm.s^{-1} ; velocidade de compressão: 1 mm.s^{-1} e velocidade de retorno: 1 mm.s^{-1}) e com uma distância de 1 mm sobre uma mesa de corte (Fig.23).



Figura 22 – Sonda

Fonte: www.texturetechnologies.com 16/08/2010

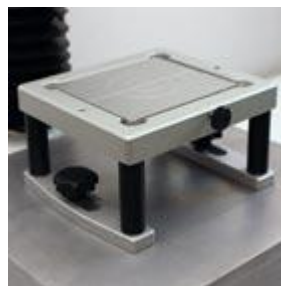


Figura 23 – Mesa de corte

Fonte: www.texturetechnologies.com 16/08/2010

A penetração da sonda no grão provoca a deformação e/ou fractura do mesmo. A dureza do arroz foi identificada como a força máxima registada. Os testes foram realizados em grãos inteiros, sendo que os grãos utilizados foram escolhidos aleatoriamente e testados sempre na mesma orientação. Realizaram-se cinco repetições de 10 grãos, para cada variedade e tipo de tratamento pós-colheita.

Durante o teste, os gráficos foram automaticamente gerados e visualizados no ecrã do computador. Nesses gráficos o eixo das abcissas corresponde à força (N) e o eixo das ordenadas corresponde à distância (mm), como resultado da resistência do grão à penetração da sonda do texturómetro. Os resultados foram expressos em Newtons (N). A experiência foi realizada à temperatura ambiente.

3.1.6. Determinação da biometria do arroz

A biometria é o estudo estatístico de características físicas. Neste caso, as características biométricas de cada variedade foram determinadas tendo em conta o comprimento, a largura, a relação comprimento/largura e o peso.

Estas determinações foram realizadas no arroz branqueado e película. Retiraram-se aleatoriamente 20 grãos de cada variedade e tipo de tratamento pós-colheita, mediu-se o comprimento e a largura com o auxílio de um paquímetro e pesou-se numa balança Mettler AE 240. Este procedimento foi sujeito a 5 repetições.

3.1.7. Espectroscopia de infravermelho médio

Os espectros de infravermelho médio foram obtidos com um espectrofotómetro de infravermelho médio da marca Bruker e modelo Alpha, com um acessório de reflectância total atenuada de reflexão única equipado com um cristal de diamante (ATR-FTIR). Os espectros foram obtidos na região de IV entre os 4000 e os 400 cm^{-1} com uma resolução de 4 cm^{-1} . Cada espectro é o resultado da co-adição de 24 espectros. Para a obtenção dos espectros as amostras de arroz integral e branqueado de cada variedade foram previamente moídas num moinho General Electric A-C Motor (fracção ≤ 60 mesh) e colocadas directamente em contacto (comprimidas contra) com a célula de diamante. Foram realizados três espectros para cada variedade de arroz com dois tipos de tratamento pós-colheita (arroz branqueado e arroz película), tendo-se obtido a média de cada variedade/tipo.

O processamento dos espectros foi efectuado com o software OPUS vs 5.0 (Bruker, Etlingen). Os espectros foram normalizados (normalização Min-Max) a partir do mínimo a cerca de 1800 cm^{-1} e do máximo a 995 cm^{-1} para comparação entre as variedades do arroz branqueado. E pelo mesmo mínimo e pelo máximo a 1646 cm^{-1} para a comparação dos espectros do arroz branqueado com os espectros do arroz em película.

3.2. Ensaio Biológico

Os insectos utilizados eram provenientes de culturas capturadas nas fábricas de arroz em Portugal e mantidas em laboratório no CPIPA/IICT.

Para o ensaio utilizaram-se 122 fracos de vidro (altura = 11,7cm; diâmetro = 7,24cm). Estes foram lavados com água destilada e desinfectados com álcool etílico a 96%, como forma de eliminar possíveis agentes patogénicos.

Pesou-se 20g de arroz de cada variedade (Albatros, Eurosis, Thaibonnet e Gládio), em casca, em película e branqueado numa balança Mettler PE 3600 Delta Range e colocou-se em frascos de vidro. Para cada variedade e tipo de tratamento pós-colheita fizeram-se 10 repetições. Também se seleccionou manualmente arroz com a casca intacta, de forma a realizar-se 2 repetições de 20g de arroz com casca não

fendilhada para cada variedade. Cada repetição foi infestada com 20 insectos adultos de *S. zeamais*, de sexo indeterminado e no máximo com uma semana de idade. Após este procedimento, os frascos foram selados com uma cambraia (tecido leve) e um elástico, a fim de facilitar as trocas gasosas com o exterior. Em seguida foram colocados numa câmara climática da Aralab, modelo FITOCLIMA S- 600 com um controlador *ClimaPlus 400*, a condições de 27°C e 70% de H.R. durante 2 semanas

Após o período de permanência na câmara climática, os insectos foram colectados para frascos de polipropileno com tampa de enroscar e capacidade para 50 ml, devidamente identificados com o nome da variedade, o número da repetição e o tipo de tratamento pós-colheita, com o auxílio de um aspirador entomológico com uma bomba de vácuo Precision D25.

Os frascos foram colocados num congelador durante 24h a -15°C, de forma a causar a morte dos insectos. Os insectos mortos foram observados posteriormente à lupa para identificação do sexo através da observação da genitália. Adaptou-se o método de visualização das genitálias, a partir de técnicas usuais para lepidópteros descritas por (Robinson, 1976). Retiraram-se os insectos dos frascos de polipropileno e foram imersos em 2 ml de uma solução de KOH 10% (hidróxido de potássio), previamente colocada em tubos de ensaio devidamente identificados, com o auxílio de uma pipeta. Colocaram-se os tubos de ensaio em banho-maria, dentro de um copo resistente ao calor, numa placa de aquecimento a 100°C durante 30 minutos.

Verteu-se o interior dos tubos de ensaio para uma caixa de Petri, após os insectos estarem amolecidos e clarificados devido ao efeito combinado da temperatura e da solução de KOH a 10%. Com a ajuda de uma pinça os insectos foram retirados primeiro para uma caixa de Petri com água destilada e depois novamente para uma caixa de Petri com álcool etílico 96%. Após esta série de procedimentos, observou-se as genitálias e identificou-se o sexo dos insectos com o auxílio de uma lupa da marca WILD HEERBRUGG e modelo Wild M 400 PHOTOMAKROSKOP com ampliação x10. A dissecação do insecto e visualização das genitálias foi possível por intermédio de duas agulhas.

Para a análise estatística dos dados foram escolhidas repetições cuja relação macho/fêmea fosse de 10:10 com variação de ± 2 . As repetições que se desviaram

dessa relação foram eliminadas. Do total de frascos não eliminados, escolheram-se cinco repetições de cada variedade e tipo de tratamento pós-colheita, utilizando como critério preferencial o rácio macho/fêmea de 10:10.

A partir do momento da primeira eclosão de insectos da geração F1, estes foram contados e eliminados sucessivamente ao longo de trinta dias.

3.2.1. Índices biológicos

O **tempo médio de desenvolvimento (TMD)** foi obtido através do cálculo do tempo de duração médio do período de desenvolvimento (sete dias após a introdução dos insectos nos grãos de arroz) até à emergência de 50% da geração F1 (Bekon & Fleurat-Lessard, 1988, Haryadi, 1991)

$$Dx + \frac{n_{50} - n_x}{n_y - n_x} \times (Dy - Dx) = \text{TMD}$$

TMD = Tempo médio de desenvolvimento;

Dx = O último dia antes da emergência de 50% da geração F1 (dias);

Dy = O primeiro dia após a emergência de 50% da geração F1 (dias);

n_x = Número cumulativo de insectos emergidos até Dx;

n_y = Número cumulativo de insectos emergidos até Dy;

n_{50} = 50% do número total de insectos emergidos no final do ensaio.

Existem vários métodos para descrever a resistência dos cereais ao ataque dos insectos, tais como o número de insectos da geração F1, a taxa de postura e a mortalidade dos insectos. Mas o índice de susceptibilidade proposta por Dobie (1974) relaciona o número de insectos emergidos e o tempo médio de desenvolvimento, após a infestação artificial dos grãos de milho por *S. zeamais*.

Utilizou-se este índice para calcular a resistência das variedades de arroz e dos diferentes tipos de tratamento pós-colheita, apesar deste ter sido estudado para o milho.

O **índice de susceptibilidade de Dobie (ISD)** para o ataque dos insectos aos grãos de arroz (Dobie, 1974) foi calculado utilizando o TMD e o valor médio de

insectos emergidos por fêmea (F): $ISD = \left(\frac{\ln F}{TMD} \right) \times 100$.

3.2.2. Estimativa de perdas: determinação dos grãos danificados e da perda de peso

Na determinação da percentagem de perda de peso foi utilizado o método de contagem e pesagem (Adams & Schulten, 1978).

Após a contagem e eliminação dos insectos da geração F1, os grãos de arroz que estavam nos frascos foram crivados com uma peneira de malha 60. A crivagem realizou-se com o objectivo de separar a “frass” dos grãos, para que as perdas posteriormente calculadas fossem reais. Registou-se o peso da “frass” e colocaram-se os grãos em cima de uma caixa de luz Photon Beard. Os grãos foram separados em grãos danificados e não danificados com o auxílio uma lupa de mesa e um pincel. Após esta operação pesaram-se e contaram-se os grãos.

A percentagem de perda de peso dos grãos é calculada através da seguinte equação:

$$\text{Percentagem de perda de peso} \Rightarrow \left[\frac{(a \times d) - (c \times b)}{a \times (d + b)} \right] \times 100$$

A percentagem de grãos danificados é calculada através da seguinte equação:

$$\text{Percentagem de grãos danificados} \Rightarrow \left(\frac{d}{e} \right) \times 100$$

a = peso dos grãos não danificados;

b = quantidade de grãos não danificados;

c = peso dos grãos danificados;

d = quantidade de grãos danificados;

e = número total de grãos.

3.3. Análise estatística

3.3.1. Estatística descritiva

Os dados obtidos foram submetidos a um tratamento estatístico com o auxílio do programa Microsoft Excel, tendo-se determinado, para cada variável, a média aritmética e a correlação de Pearson.

3.3.2. ANOVA

Na ANOVA (análise de variância) o investigador controla uma ou mais variáveis independentes e observa os efeitos na variável dependente.

Considerando μ_k as médias dos diferentes níveis da variável independente, as hipóteses a testar são tipo:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_{k-1} = \mu_k$$
$$H_1: \text{Nem todas as } \mu_i \text{ s\~ao iguais}$$

Neste trabalho utilizámos uma ANOVA unifactorial, sendo a variável independente a variedade de arroz (4 variedades) e as variáveis dependentes, os vários parâmetros estudados.

A ANOVA permite saber se existe efeito da variável independente no parâmetro estudado. O cálculo faz-se com base na razão de duas variâncias, uma devida ao erro experimental e outra devida à possível diferença existente entre as quatro variedades de arroz. Se esta exceder a variação aleatória, conclui-se que as 4 variedades produzem resultados diferentes.

A ANOVA foi calculada com um intervalo de confiança de 99,9% ($\alpha = 0,001$)

Para identificar quais as diferenças significativas entre as médias das variedades, realizou-se um teste pós-ANOVA para comparações múltiplas de médias, o teste de Tukey.

3.3.3. Teste Tukey

Este procedimento foi proposto por Tukey (1952) e é baseado na denominada ***studentized range distribution*** (esta distribuição é usada para testar todas as diferenças entre pares de médias). O teste de Tukey é utilizado quando se quer comparar todos os pares de médias de populações, adotando um único valor de confiança.

O teste de Tukey HSD (*honestly significant difference*) permite comparar todos os pares de médias, de forma a verificar se a diferença entre elas é significativa, isto é, analisa a variação aleatória que existe entre qualquer par de médias.

O teste de Tukey foi calculado com um intervalo de confiança de 95%.

Tanto a Anova como o teste de Tukey foram realizados no Statistica 9.

4. Resultados e Discussão

4.1 Ensaio biológico

4.1.1 Descendentes por fêmea na geração F1 de *S. zeamais* no arroz

Arroz com casca

No arroz com casca não existe efeito significativo do número médio de descendentes por fêmea na geração F1 ($p \leq 0,001$), ou seja, as quatro variedades estudadas não apresentam diferenças significativas.

Embora estatisticamente não se verifiquem diferenças entre as médias de descendentes por fêmea nas quatro variedades, os valores sugerem que o número médio de insectos emergidos está relacionado com a percentagem de grãos de arroz com casca fendilhada (Fig.24) (Anexo 1).

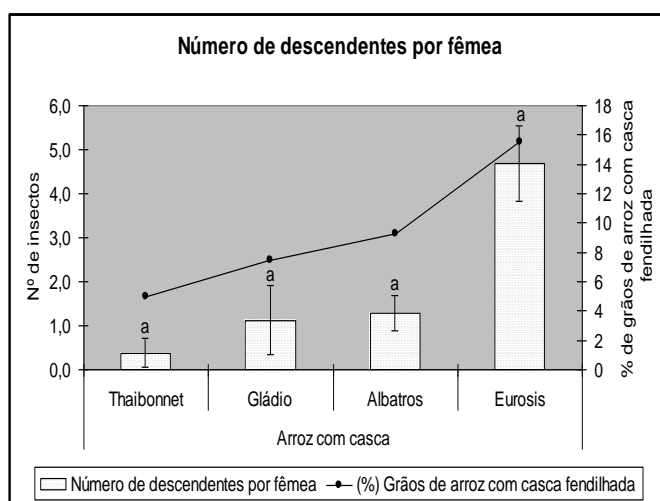


Figura 24 - Valores médios e respectivo desvio padrão para o número de descendentes por fêmea no arroz com casca, e percentagem de grãos de arroz com casca danificada (Diferentes letras indicam que existem diferenças significativas entre as médias das variedades)

Na variedade Eurosis cada fêmea deu origem a 4,7 insectos e a percentagem de cascas danificadas era de 15,5%, enquanto na variedade Thaibonnet cada fêmea deu origem a 0,4 insectos e a percentagem de cascas danificadas era de 5,0% (Anexo 2).

No arroz com casca intacta não ocorreu descendência na geração F1. *S. zeamais* parece não ter capacidade para realizar a postura no interior do grão com casca intacta. Segundo Breese (1963), também *S. oryzae* só consegue alimentar-se e pôr ovos nos grãos de arroz com casca, quando esta tem uma cisão ou abertura na casca de dimensão superior ao rostro do insecto. Hettiarachchy *et al* (2000) refere que a casca não fendilhada fornece uma barreira contra o ataque da maioria dos insectos e Cogburn (1974) reporta que o arroz com casca intacta exclui totalmente a capacidade de *Sitophilus* spp se alimentar e realizar a postura no grão.

As causas do fendilhamento ou quebra das cascas abrangem uma variedade de factores, incluindo práticas culturais, condições de desenvolvimento da planta e transporte; no entanto também é possível que outros factores exclusivos da variedade afectem a resistência da casca. Além disso, se o arroz for colhido ainda imaturo, a rachila poderá não estar ligada à lema e à palea, o que poderá fornecer um ponto de acesso aos insectos (Breese, 1963).

Arroz película

No arroz em película não existe efeito significativo do número de descendentes por fêmea na geração F1 para as quatro variedades estudadas ($p \leq 0,001$). A variedade Albatros tem o valor médio de descendência mais elevado, 48,6 insectos emergidos por fêmea (Quadro 10), seguida das variedades Gládio, Thaibonnet e Eurosis, com 46,5, 45,3 e 44,3 insectos emergidos por fêmea (Anexo 3).

Arroz branqueado

Existe efeito significativo da variedade para o arroz branqueado ($p \leq 0,001$), ou seja, o número de descendentes por fêmea na geração F1 para as quatro variedades estudadas apresenta diferenças significativas. A variedade Thaibonnet possui um valor médio de insectos emergidos por fêmea significativamente superior às variedades Albatros, Eurosis e Gládio, as quais não diferem entre si.

Cada insecto fêmea, na variedade Thaibonnet, deu origem a 16,2 insectos (Quadro 10), seguida da variedade Albatros, com um valor médio de 10,7 insectos por fêmea (Anexo 4).

O número de descendentes na geração F1 tem um decréscimo de 34% da variedade Thaibonnet para a variedade Albatros, um decréscimo de 32% entre a

variedade Albatros e a variedade Gládio e um decréscimo de 14% entre a variedade Gládio e a Eurosis (Fig.25).

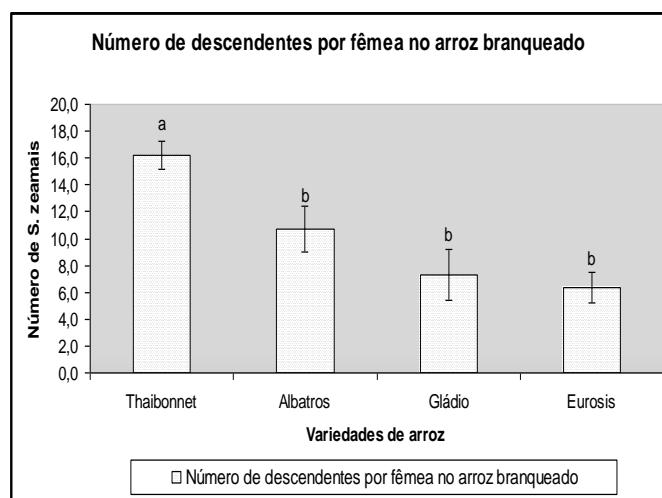


Figura 25 – Número de descendentes por fêmea de *S.zeamais* e respectivo desvio padrão nas quatro variedades no arroz branqueado
(Diferentes letras indicam que existem diferenças significativas entre as médias das variedades)

Quadro 10 - Número médio de descendentes por fêmea na geração F1

Número de <i>S. zeamais</i> emergidos por fêmea na geração F1				
Variedades	Thaibonnet	Gládio	Albatros	Eurosis
Arroz película	45,3aA	46,5aA	48,6aA	44,3aA
Arroz branqueado	16,2aB	7,3bB	10,7bB	6,3bB
Arroz casca	0,4aC	1,1aC	1,3aC	4,7aC

Diferentes letras indicam que existem diferenças significativas entre as médias das variedades
Legenda: Letra maiúscula ↓ Letra minúscula →

Entre tipos de processamento (casca, em película e branqueado) existem diferenças significativas entre os valores médios de insectos emergidos por fêmea. Foi no arroz em película que se verificou um maior número de descendentes por fêmea, 46,2, seguido do arroz branqueado, 10,1 e, por último o arroz com casca, 1,9 indivíduos.

Segundo um estudo realizado por Lucas & Riudavets (2000), os autores verificaram que a população de *S. oryzae* no arroz branqueado apresentava uma diminuição de 40% em relação ao arroz película. No presente estudo, a diminuição da população de *S. zeamais* do arroz em película para o arroz branqueado foi cerca de 78%.

4.1.2 Tempo médio de desenvolvimento de *S. zeamais* no arroz

Arroz com casca

No arroz com casca existe efeito significativo da variedade ($p \leq 0,001$), ou seja o TMD na geração F1 para as quatro variedades estudadas tem diferenças significativas. Nas variedades Gládio e Eurosis os insectos de *S. zeamais* possuem um TMD significativamente superior à variedade Albatros.

O número de descendentes por fêmea e o TMD não estão correlacionados ($r = 0,31$).

Arroz película

Para as variedades estudadas – Thaibonnet, Gládio, Albatros e Eurosis – a ANOVA concluiu não existirem diferenças significativas para os valores do TMD dos insectos ($p \leq 0,001$).

O TMD e desvio padrão de *S. zeamais* no arroz película e nas variedades Thaibonnet, Gládio, Albatros e Eurosis foram respectivamente, 27,5, 27,7, 26,9 e 26,7 dias (Quadro 11).

O número de descendentes por fêmea e o TMD não estão correlacionados ($r = -0,27$).

Arroz branqueado

Para o arroz branqueado existe efeito significativo da variedade ($p \leq 0,001$), ou seja, o TMD na geração F1 para as quatro variedades estudadas tem diferenças significativas ($p \leq 0,001$).

Na variedade Gládio (39,5 dias) os insectos de *S. zeamais* possuem um TMD significativamente superior à variedade Albatros (35,7 dias). As variedades Thaibonnet (37,4 dias) e Eurosis (38,7 dias) não diferem significativamente das outras duas, ou seja, apresentam valores intermédios (Quadro 11).

O número de descendentes por fêmea e o TMD não estão correlacionados ($r = -0,47$).

Quadro 11 - Tempo de desenvolvimento médio de *Sitophilus zeamais* na geração F1

Tempo médio de desenvolvimento na geração F1				
Variedades	Thaibonnet	Gládio	Albatros	Eurosis
Arroz película	27,5aC	27,7aC	26,9aC	26,7aC
Arroz branqueado	37,4abA	39,5aA	35,7bA	38,7abA
Arroz casca	31,6abB	33,8aB	31,3bB	33,6aB

Diferentes letras indicam que existem diferenças significativas entre as médias das variedades

Legenda: Letra maiúscula ↓ Letra minúscula →

Segundo Haines (1991) os períodos médios de desenvolvimento variam de 35 dias em condições óptimas até mais de 110 dias em condições desfavoráveis. Neste caso o TMD foi de 37,9 dias para o arroz branqueado, 32,6 dias para o arroz com casca e 27,2 dias para o arroz película. Quanto mais curto for o TMD do *S. zeamais*, mais favorável é a variedade/tipo de tratamento pós-colheita à postura e/ou desenvolvimento das larvas e, mais susceptível ao aparecimento de densidades populacionais da praga.

Comparando o arroz com casca, em película e branqueado verifica-se que o TMD é mais curto no arroz película, seguido do arroz com casca e por fim o branqueado.

Singh (1981) observou que o período de desenvolvimento de *S. oryzae* no arroz branqueado era mais longo em comparação com o arroz em película e, ao mesmo tempo, a descendência produzida era substancialmente menor. Foram reportados resultados semelhantes por McGaughey (1974).

Segundo Haryadi & Fleurat-Lessard (1994) a ausência da totalidade ou de só uma porção de pericarpo, incluindo o embrião, afecta o período de desenvolvimento. Observaram que o TMD de *S. oryzae* no arroz em película era de 35,69 dias e no arroz branqueado era de 45,25 dias. Os resultados da experiência realizada por Haryadi & Fleurat-Lessard (1994) ajudam a confirmar os resultados deste trabalho, visto que, em ambos os estudos os insectos do género *Sitophilus* spp. demoraram cerca de dez dias a mais a desenvolverem-se no arroz branqueado em comparação com o arroz película.

4.1.3 Índice de susceptibilidade de Dobie

O índice de susceptibilidade de Dobie (ISD) (1974) relaciona o número de insectos emergidos e o tempo médio de desenvolvimento (TMD), após a infestação artificial

dos grãos de cereal por *S. zeamais*.

Arroz com casca

Para o arroz com casca existe efeito significativo da variedade ($p \leq 0,001$), ou seja, o ISD na geração F1 para as quatro variedades estudadas tem diferenças significativas.

A variedade Eurosis é a mais susceptível ao ataque dos insectos de *S. zeamais* e a menos susceptível é a variedade Thaibonnet (Quadro 12).

O ISD e o número de descendentes por fêmea apresentam uma correlação forte e positiva ($r = 0,86$), ou seja, quanto maior o número de descendentes por fêmea maior o ISD. O ISD e o TMD não estão correlacionados ($r = 0,48$).

Arroz película

O ISD na geração F1 para as quatro variedades estudadas não apresenta diferenças significativas ($p \leq 0,001$), ou seja, para o arroz película não existe efeito significativo da variedade.

O ISD e o número de descendentes por fêmea apresentam uma positiva e forte correlação ($r = 0,77$). O ISD e o TMD estão negativamente e fortemente correlacionados ($r = -0,83$), ou seja, quanto maior é o TMD menor é o ISD.

Arroz branqueado

Para o arroz branqueado existe efeito significativo da variedade ($p \leq 0,001$), ou seja, o ISD na geração F1 para as quatro variedades estudadas tem diferenças significativas. A variedade Thaibonnet é a mais susceptível ao ataque de *S. zeamais*, e as menos susceptíveis são as variedades Gládio e Eurosis. O ISD da variedade Albatros não difere significativamente dos ISD das outras três variedades, ou seja, tem um valor intermédio.

O ISD e o número de descendentes por fêmea estão têm uma correlação forte e positiva ($r = 0,96$). O ISD e o TMD têm uma correlação negativa e moderada ($r = -0,68$).

Nos três tipos de tratamento pós-colheita a variedade Eurosis é a mais susceptível e a variedade Gládio a menos susceptível.

Quadro 12 – Índice de susceptibilidade de Dobie para *Sitophilus zeamais* na geração F1

Índice de susceptibilidade de Dobie				
Variedades	Thaibonnet	Gládio	Albatros	Eurosis
Arroz película	13,9aA	13,9aA	14,4aA	14,2aA
Arroz branqueado	7,4aB	5,0bB	6,6abB	4,7bB
Arroz casca	-3,4cC	-0,3bC	0,6bC	4,6aB

Diferentes letras indicam que existem diferenças significativas entre as médias das variedades

Legenda: Letra maiúscula ↓ Letra minúscula →

No quadro 12 pode observar-se que o arroz em película tem o ISD mais elevado, seguido do arroz branqueado e por último o arroz com casca. Estes valores vão ao encontro dos resultados obtidos nos estudos anteriores, os quais indicam que no arroz em película existe um maior número de indivíduos na geração F1 e os TMD são menores e, segundo Dobie, é o tipo de arroz mais susceptível.

Na Fig.26, observa-se facilmente que as variedades de arroz em película são as que têm índices de susceptibilidade mais elevados, seguidos do arroz branqueado e por último o arroz com casca, à excepção da variedade Eurosis, no qual as médias do ISD não diferem significativamente entre o arroz branqueado e o com casca. Este resultado pode estar relacionado com a percentagem mais elevada de arroz fendilhado na variedade Eurosis que poderá permitir maior número de posturas.

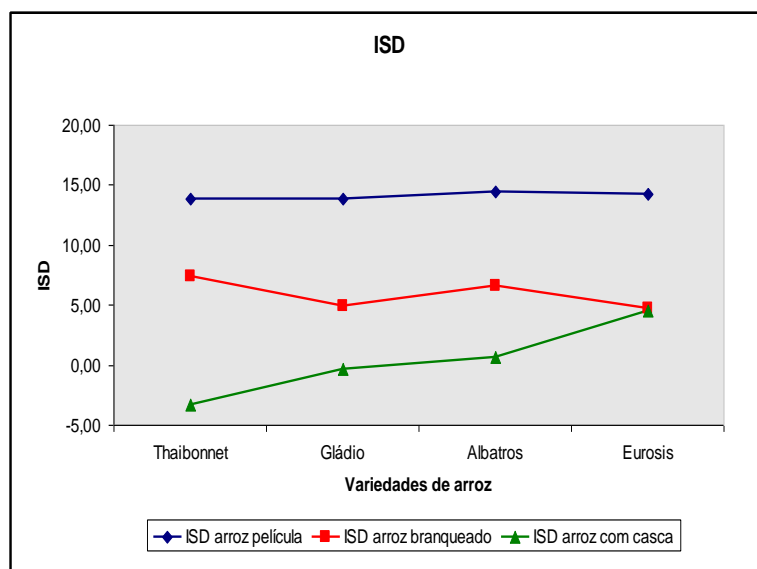


Figura 26 – Índice de susceptibilidade de Dobie

4.1.4 Percentagem de perda de peso e de grãos danificados nas variedades de arroz por *Sitophilus zeamais*

Arroz com casca

Neste estudo analisou-se a percentagem de perda de peso e a percentagem de grãos danificados por *S. zeamais*, calculado com base no número e peso dos grãos danificados e não danificados.

Existe efeito significativo da variedade, isto é, os valores médios da **percentagem de perda de peso** e de **grãos danificados** (Fig.27) para os grãos de arroz das quatro variedades estudadas têm diferenças significativas entre variedades ($p \leq 0,001$).



Figura 27 - Grãos de arroz com casca danificados por *Sitophilus zeamais*

A variedade Eurosis possui valores médios de percentagem de perda de peso e de grãos danificados significativamente superior às restantes, seguida das variedades Gládio, Albatros e Thaibonnet.

Os valores máximos de percentagem de perda de peso e de grãos danificados (Fig.28) foram de 4,7 e 7,4% (variedade Eurosis), respectivamente (Quadros 13 e 14) e os mínimos (Fig.29) de 0,8 e 1,4% (variedade Thaibonnet), respectivamente.

O número total de insectos emergidos é positiva e fortemente correlacionado com a percentagem de perda de peso ($r = 0,98$) e com a percentagem de grãos danificados ($r = 0,98$) (Anexo 5).

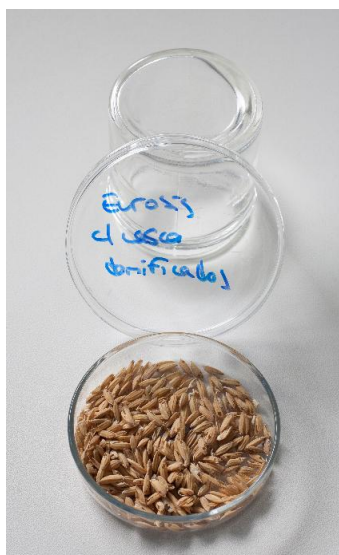


Figura 28 – Grãos danificados da variedade de arroz Eurosis com casca

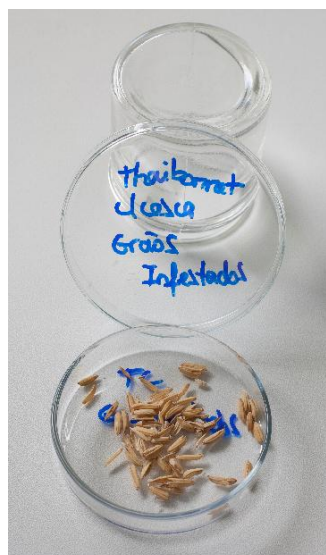


Figura 29 – Grãos danificados da variedade de arroz Thaibonnet com casca

Num trabalho realizado por Shafique (2007), também ocorreram correlações fortemente positivas entre o número de insectos adultos e a perda de peso dos grãos. Nesse trabalho foram utilizados duas espécies de insectos dos produtos armazenados, *Rhyzopertha dominica* e *Sitotroga cerealella* e, o arroz utilizado era com casca.

Arroz película

A **percentagem de perda de peso** e de **grãos danificados** (Fig.30) para as quatro variedades estudadas, não apresenta diferenças significativas entre variedades.



Figura 30 – Grãos de arroz película danificados por *Sitophilus zeamais*

O número total de insectos emergidos apresenta uma forte correlação positiva tanto para a percentagem de perda de peso ($r = 0,97$) como para a percentagem de grãos danificados ($r = 0,97$) (Anexo 6).

Arroz branqueado

Os valores médios da **percentagem de perda de peso e de grãos danificados** (Fig.31) para o arroz das quatro variedades estudadas têm diferenças significativas, ou seja, existe efeito significativo da variedade.



Figura 31 - Grãos de arroz branqueado infestado por *Sitophilus zeamais*

As variedades que possuem valores médios de percentagem de perda de peso e de grãos danificados significativamente superiores e inferiores relativamente às restantes foram, respectivamente Thaibonnet (maior) (Fig.32) e Gládio (menor).

O número total de insectos emergidos está positiva e fortemente correlacionado com a percentagem de perda de peso ($r = 0,78$), e correlacionado de forma positiva e moderada com a percentagem de grãos danificados ($r = 0,62$) (Anexo 7).

No arroz branqueado foi observada uma elevada mortalidade de larvas ao longo da experiência. Estas alimentam-se no interior de

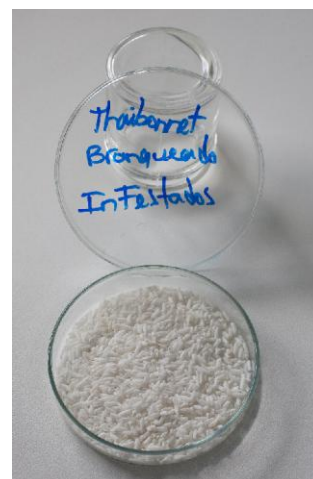


Figura 32 - Grãos danificados da variedade Thaibonnet branqueado

grão, escavando um túnel à medida que se desenvolvem e normalmente só os adultos recentemente desenvolvidos escavam o orifício de saída. No caso do arroz branqueado a larva escavava o orifício de saída e acabava por morrer no exterior do grão.

Este comportamento das larvas, talvez possa explicar o facto de não existirem correlações fortemente positivas entre o número de insectos emergidos e as percentagens de perda de peso e de grãos danificados.

Não foi quantificado o número de larvas que saíram do grão, logo o que foi escrito anteriormente foi verificado pela observação visual.

Quadro 13 - Valor médio da percentagem de perda de peso nas quatro variedades de arroz em película, branqueado e com casca

Perda de Peso (%)				
Variedades	Thaibonnet	Gládio	Albatros	Eurosis
Arroz película	31,0aA	33,0aA	31,6aA	30,89aA
Arroz branqueado	20,9aB	14,3bB	16,2bB	15,4bB
Arroz casca	0,8cC	1,7bC	1,8bC	4,7aC

Diferentes letras indicam que existem diferenças significativas entre as médias das variedades
 Legenda: Letra maiúscula ↓ Letra minúscula →

Os valores médios de percentagem de perda de peso são significativamente diferentes para os três tipos de tratamento pós-colheita, ocorrendo a maior perda de peso no arroz em película, seguido do arroz branqueado e por fim o arroz com casca. Segundo um trabalho realizado por Fontes (2003), no qual é estudado a perda de peso de sementes de arroz ao ataque de *S. zeamais*, também se verifica maior percentagem de perda de peso em grãos sem casca em comparação com as variedades de arroz com casca.

Quadro 14 - Valor médio da percentagem de grãos danificados nas quatro variedades de arroz película, branqueado e com casca

Grãos danificados (%)				
Variedades	Thaibonnet	Gládio	Albatros	Eurosis
Arroz película	48,2aA	48,9aA	47,9aA	49,2aA
Arroz branqueado	31,1aB	23,5cB	25,1bB	26,6bB
Arroz casca	1,4cC	2,6bC	2,7bC	7,4aC

Diferentes letras indicam que existem diferenças significativas entre as médias das variedades
 Legenda: Letra maiúscula ↓ Letra minúscula →

4.2 Caracterização física do arroz

4.2.1 Teor de água do arroz

Não há diferenças significativas quanto ao teor de água entre as quatro variedades estudadas, quer para o arroz com casca, em película ou branqueado. No entanto entre os tipos de processamento (casca, em película ou branqueado) existem diferenças significativas de teor de água do produto (Quadro 15).

Quadro 15 - Valores médios do teor de água (%) para as quatro variedades de arroz em película, branqueado e com casca

Variedades	Teor de água do arroz (%)			
	Thaibonnet	Gládio	Albatros	Eurosis
Arroz película	14,6bB	15,1bA	14,5bB	14,7bB
Arroz branqueado	14,9aB	15,2aA	15,1aA	15,0aB
Arroz casca	14,0cA	13,9cA	13,9cA	13,8cB

Diferentes letras indicam que existem diferenças significativas entre as médias das variedades
Legenda: Letra maiúscula ↓ Letra minúscula →

Comparando o arroz com casca, em película e branqueado, os teores de água aumentaram com o grau de processamento de arroz.

Segundo Hettiarachchy *et al.* (2000) a casca protege os grãos de arroz relativamente a alterações rápidas do teor de água do produto.

Embora os valores médios da percentagem de teor de água sejam significativamente diferentes para todos os tipos de tratamento pós-colheita, a gama de valores, que varia entre os 13,9% até aos 15,1%, são favoráveis ao desenvolvimento de insectos.

Para a percentagem de teor de água não foi possível calcular a correlação de Pearson entre estes dados e o ISD, o TMD e o número de insectos emergidos por fêmea por não haver repetições (três) suficientes para o tratamento.

Apesar de não se ter procedido a esse cálculo, através do visionamento dos dados podemos verificar que os dados não estão correlacionados, visto que as oscilações na percentagem do teor de água não tiveram repercussões ao nível do ISD, do TMD e do número de insectos emergidos por fêmea. É possível que a gama de valores

para a percentagem de teor de água seja igualmente favorável ao desenvolvimento dos insectos.

4.2.2 Dureza do arroz

Foi analisada a dureza do grão de arroz de modo a verificar se há alguma relação entre esta característica física e a capacidade de *S. zeamais* produzir descendência.

Arroz com casca

A dureza do grão entre as quatro variedades estudadas não tem diferenças significativas, ou seja, para o arroz com casca não existe efeito significativo da variedade ($p \leq 0,001$) (Quadro 16) (Anexo 8).

A dureza das quatro variedades não está correlacionada com o número de insectos emergidos por fêmea ($r = -0,18$), nem com o TMD ($r = -0,13$) e o ISD ($r = -0,37$) (Anexo 9).

Arroz película

A dureza do grão para as quatro variedades estudadas apresenta diferenças significativas, ou seja, para o arroz película existe efeito significativo da variedade ($p \leq 0,001$). A variedade Eurosia tem valores de dureza significativamente superior às restantes. O valor da dureza na variedade Gládio não difere significativamente das outras três variedades, ou seja, apresenta um valor intermédio (Anexo 10).

A dureza das quatro variedades não está correlacionada com o número de insectos emergidos por fêmea ($r = -0,31$), nem com o TMD ($r = -0,03$) e o ISD ($r = -0,17$) (Anexo 11)

Arroz branqueado

A dureza para as quatro variedades estudadas apresenta diferenças significativas, ou seja, para o arroz branqueado existe efeito significativo da variedade ($p \leq 0,001$). A variedade Eurosia é a que tem valores médios de dureza significativamente superior às restantes. O valor da dureza na variedade Gládio não difere significativamente das outras três variedades, ou seja, apresenta um valor intermédio (Anexo 12).

A dureza das quatro variedades não está correlacionada com o número de

insectos por fêmea ($r = -0,58$), nem com o TMD ($r = 0,44$) e o ISD ($r = -0,60$) (Anexo 13).

Quadro 16- Dureza média do grão de arroz por variedade

Variedades	Dureza (N)			
	Thaibonnet	Gládio	Albatros	Eurosis
Arroz película	5,4bB	6,4abB	5,8bB	6,5aB
Arroz branqueado	5,6bB	6,5abB	5,7bB	7,1aB
Arroz casca	13,9aA	13,0aA	12,5aA	13,1aA

Diferentes letras indicam que existem diferenças significativas entre as médias das variedades

Legenda: Letra maiúscula ↓ Letra minúscula →

No arroz com casca a dureza é significativamente superior à dos outros tipos de tratamento pós-colheita, enquanto os valores médios da dureza não diferem significativamente entre o arroz em película e o arroz branqueado. Este valor elevado de dureza é devido ao facto de existir uma elevada concentração de sílica opalina na camada externa da casca do arroz, a qual resulta numa dureza efectiva aproximadamente de $5 \frac{1}{2}$ - $6 \frac{1}{2}$ (escala de Mohs) (Luh, 1991).

Segundo Hall (1970) grãos de cereais com valores elevados ou baixos de dureza são igualmente susceptíveis à infestação por insectos, embora Doggett (1958) e Davey & Elcoate (1962) tenham mostrado que em relação às sementes de sorgo, quanto menos duro era o grão maior a quantidade de ovos postos.

Neste trabalho o parâmetro dureza não mostrou estar correlacionado com o número de descendentes por fêmea, com o TMD e com o ISD para o ataque por *S. zeamais*. Também se observou que o valor médio da dureza para o arroz em película não diferia significativamente do valor médio de dureza para o arroz branqueado. Logo, a resistência à penetração é semelhante para o arroz em película e para o arroz branqueado. Apesar do arroz em película e do arroz branqueado terem valores semelhantes de resistência à penetração, o arroz em película tem um ISD muito mais elevado do que o arroz branqueado, daí que, neste trabalho não se tenha verificado uma relação entre estes dois parâmetros.

4.2.3 Biometria do arroz

Arroz película

Os valores médios de comprimento, a largura, a relação C/L e o peso para os grãos das quatro variedades estudadas apresenta diferenças significativas, ou seja, para o arroz em película existe efeito significativo da variedade ($p \leq 0,001$).

As variedades Albatros e Thaibonnet têm valores médios de **comprimento** do grão significativamente superiores à Eurosis. O valor do comprimento na variedade Gládio não difere significativamente das outras três variedades, ou seja, apresenta um valor intermédio (Quadro 17).

O comprimento do grão nas quatro variedades não apresenta nenhuma correlação significativa, quer com o número de insectos por fêmea ($r = 0,35$), o TMD ($r = 0,39$) e o índice de Dobie ($r = -0,05$).

A variedade Eurosis tem um valor médio de **largura** do grão significativamente superior às variedades Thaibonnet e Gládio. O valor da largura na variedade Albatros não difere significativamente das outras três variedades, ou seja, apresenta um valor intermédio (Quadro 18).

Não existe correlação significativa entre a largura das quatro variedades e o número de insectos por fêmea ($r = 0,16$) e o índice de Dobie ($r = 0,50$), mas a largura e o TMD apresentam uma correlação negativa e moderada ($r = -0,63$).

A variedade Thaibonnet tem um valor médio da relação **C/L** do grão significativamente superior às restantes, seguida das variedades Gládio, Albatros e Eurosis, respectivamente. O valor máximo de C/L do grão é de 4,44 (Thaibonnet) e o mínimo é de 3,59 (Eurosis) (Quadro 19). A variedade Thaibonnet é mais alongada e a Eurosis é mais redonda.

A razão C/L das quatro variedades não está correlacionada quer com o número de insectos por fêmea ($r = 0,14$), quer com o TMD ($r = 0,55$) e ainda com o índice de Dobie ($r = -0,27$).

A variedade Albatros tem um valor médio de **peso** do grão significativamente superior às restantes. O peso do grão de arroz da variedade Gládio é significativamente inferior, ou seja, é a variedade que tem grãos de arroz mais leves (Quadro 20).

O peso de cada grão de arroz não está correlacionado com o ISD ($r = 0,02$), nem

com o TMD ($r = -0,50$) e também não está correlacionado com o número de insectos emergidos por fêmea ($r = 0,34$).

Arroz branqueado

Os valores médios de comprimento, largura e relação C/L para os grãos das quatro variedades estudadas apresentam diferenças significativas, ou seja, para todas estas variáveis, no arroz branqueado existe efeito significativo da variedade ($p \leq 0,001$).

A variedade Thaibonnet tem valores médios de **comprimento** do grão significativamente superiores às restantes. O valor do comprimento na variedade Eurosis é significativamente inferior ao das outras três variedades. O valor máximo de comprimento do grão é de 6,27 mm (Thaibonnet) e o mínimo é de 5,68 mm (Eurosis) (Quadro 17).

O comprimento do grão nas quatro variedades tem uma forte correlação positiva ($r = 0,86$), com o número de insectos por fêmea e entre o comprimento e o ISD ($r = 0,80$). O comprimento e o TMD não estão correlacionados ($r = -0,32$).

A variedade Eurosis tem valores médios de **largura** do grão significativamente superiores às restantes (Quadro 18). A largura das quatro variedades e o número de insectos por fêmea têm uma correlação moderada e negativa ($r = -0,63$), o que se verifica também para a correlação entre a largura e o índice de Dobie ($r = -0,63$). A largura e o TMD não estão correlacionados ($r = 0,37$).

A variedade Thaibonnet tem um valor médio de **C/L** do grão significativamente superior, seguida das variedades Albatros, Gládio e Eurosis, respectivamente. O valor máximo de C/L do grão é de 4,33 (Thaibonnet) e o mínimo é de 3,55 (Eurosis) (Quadro 19). A variedade Thaibonnet é a mais alongada e a Eurosis é a mais redonda. A relação C/L das quatro variedades e o número de insectos por fêmea estão positiva e fortemente correlacionados ($r = 0,78$), bem como a relação C/L e o índice de Dobie ($r = 0,75$). A relação C/L e o TMD não estão correlacionados ($r = -0,39$).

A variedade Thaibonnet tem um valor médio de **peso** do grão significativamente superior à variedade Gládio (Quadro 20). O peso de cada grão de arroz não está correlacionado com o ISD ($r = 0,44$), nem com o TMD ($r = -0,34$) e também não está

correlacionado com o número de insectos emergidos por fêmea ($r = 0,42$).

Quadro 17 - Valores médios para o comprimento do arroz por variedade

Comprimento – C (mm)				
Variedades	Thaibonnet	Gládio	Albatros	Eurosis
Arroz película	6,71aA	6,56abA	6,69aA	5,95bA
Arroz branqueado	6,27aB	5,93bB	5,99bB	5,68cB

Diferentes letras indicam que existem diferenças significativas entre as médias das variedades

Legenda: Letra maiúscula ↓ Letra minúscula →

Quadro 18 - Valores médios para a largura do arroz por variedade

Largura – L (mm)				
Variedades	Thaibonnet	Gládio	Albatros	Eurosis
Arroz película	1,52bA	1,57bA	1,64abA	1,67aA
Arroz branqueado	1,45bB	1,50bB	1,46bB	1,61aB

Diferentes letras indicam que existem diferenças significativas entre as médias das variedades

Legenda: Letra maiúscula ↓ Letra minúscula →

Quadro 19 - Valores médios para a relação C/L do arroz por variedade

Relação C/L				
Variedades	Thaibonnet	Gládio	Albatros	Eurosis
Arroz película	4,44a	4,20b	4,10c	3,59d
Arroz branqueado	4,33a	3,99c	4,13b	3,55d

Diferentes letras indicam que existem diferenças significativas entre as médias das variedades

Legenda: Letra maiúscula ↓ Letra minúscula →

Quadro 20 - Valores médios para o peso de cada grão de arroz

Peso de cada grão (mg)				
Variedades	Thaibonnet	Gládio	Albatros	Eurosis
Arroz película	21,3bA	20,2cA	22,4aA	21,6bA
Arroz branqueado	18,4aB	17,6bB	18,2abB	18,0abB

Diferentes letras indicam que existem diferenças significativas entre as médias das variedades

Legenda: Letra maiúscula ↓ Letra minúscula →

A variedade Thaibonnet possui os grãos mais compridos, tanto os branqueados como os com película. Já a variedade Eurosis tem os grãos mais largos para ambos os tratamentos pós-colheita.

Para o arroz em película verificou-se a ocorrência de uma correlação moderadamente negativa entre a largura do grão de arroz e o TMD, ou seja, quanto

maior for a largura do grão, menor é o TMD. No entanto, devido ao escasso número de repetições, esta correlação não é significativa para tirar qualquer conclusão, neste sentido seria preciso repetir o estudo aumentando o número de repetições.

Para o arroz branqueado existe uma forte correlação positiva do comprimento dos grãos e a razão C/L com o número de descendentes por fêmea e o ISD. Também existe uma correlação moderadamente negativa entre a largura do grão e o número de insectos emergidos, mas pela razão anteriormente referida estes resultados precisam de ser comprovados com um maior número de repetições.

Segundo Haines (1991) o tamanho dos grãos e a competição entre as larvas, pode ter impacto na sobrevivência e fecundidade. Em sementes de elevada qualidade, determinada em parte pelo tamanho, é esperada uma maior probabilidade de sobrevivência das larvas e uma maior descendência do que em sementes pequenas Campbell (2002).

Ewer (1945) verificou que as fêmeas de *S. granarius* preferiam realizar a postura em cereais com grãos de grandes dimensões em alternativa a cereais com grãos de pequenas dimensões. Comportamento similar foi observado em *S. zeamais* por Segrove (1951).

Ao longo desta experiência constatou-se que o arroz em película é o tipo de arroz que produz maior descendência e menores TMD, além disso também se observou que este arroz tem valores médios mais elevados em termos de comprimento, largura e peso em comparação com o arroz branqueado. Deste modo parece haver alguma concordância entre o que foi referido por alguns autores e o que foi observado neste procedimento experimental.

Cogburn *et al.* (1980) verificou que algumas variedades de arroz eram menos infestadas que outras e, concluiu que este fenómeno ficou a dever-se ao facto de estes grãos terem significativamente menos quantidade de película que outras variedades. É provável que a qualidade nutricional da película ou do endosperma seja um factor limitante.

Neste trabalho também se observou não ocorrer nenhuma correlação, para o arroz branqueado e para o arroz em película, entre o peso e o ISD, o TMD e o número de descendentes por fêmea.

4.3 Caracterização química do arroz por espectroscopia de infravermelho

A espectroscopia de infravermelho médio é um método, rápido e não destrutivo de caracterização química do arroz, permitindo tirar conclusões que para serem obtidas pela via química húmida requerem a utilização de pelo menos três métodos de clássicos de análise, nomeadamente para a determinação do teor de amido (enzimático-colorimétrico), do teor de proteína total (Kjeldahl) e do teor de lípidos (extração com solventes orgânicos).

A análise dos espectros de infravermelho médio das quatro variedades de arroz branqueado (Fig.33) sugere que a variedade Thaibonnet tem a maior percentagem relativa de amido seguida da Albatros, Gládio e Eurosis. De acordo com a interpretação da figura, as variedades Thaibonnet e Albatros têm percentagens relativas de teor de amido próximos e mais elevados do que as variedades Gládio e Eurosis que também têm proporções relativas de amido semelhantes.

Verifica-se que a sequência relativa do teor de amido (Thaibonnet, Albatros, Gládio e Eurosis) é igual à sequência das variedades em função do número de descendentes por fêmea em cada variedade. Essa sequência sugere que talvez a composição relativa do grão influencia a número de insectos da geração F1. Mas é de notar que no tratamento estatístico, constatou-se que a variedade Thaibonnet era a única cujo valor médio de insectos emergidos por fêmea era significativamente superior, as restantes variedades não apresentaram diferenças significativas entre si. Logo, embora haja uma relação entre o teor relativo de amido e o número de insectos, não pudemos prová-la. Para tal, talvez fosse necessário proceder a mais repetições, para que conseguíssemos alcançar um resultado significativo.

Estes espectros foram normalizados pela banda C=O com máximo a 1646 cm^{-1} que, embora seja característica quer do amido quer das proteínas, neste caso tem uma maior contribuição das proteínas e portanto a banda característica das ligações C-O dos polissacáridos entre 950 e 1060 cm^{-1} , com máximo a 995 cm^{-1} reflecte a proporção relativa de amido

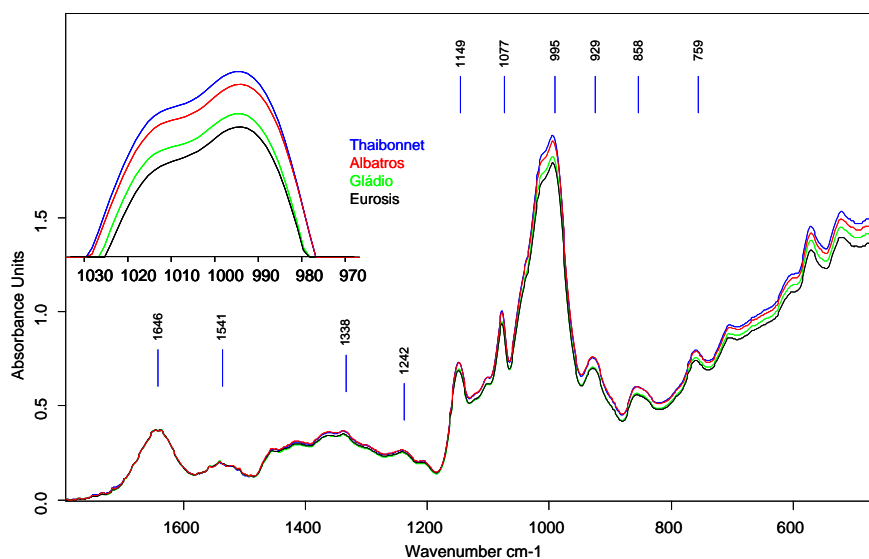


Figura 33 - Espectros de infravermelho médio (ATR-FTIR) 1800 e 400 cm^{-1} do arroz branqueado moído das variedades Gládio, Albatros, Eurosis e Thaibonnet

Os espectros do arroz película (Fig.34) são caracterizados por terem maior percentagem relativa de proteína (1646 cm^{-1}) e de lípidos (1740 cm^{-1}) e portanto menor de amido do que o arroz branqueado. Este resultado deve-se ao facto de a película conter uma percentagem superior de proteína e de lípidos que o endosperma. De notar que se verifica uma discriminação das variedades do arroz em função do teor relativo de lípidos e proteína. A sequência do mais elevado para o menor teor de proteína é: Albatros > Gládio > Thaibonnet = Eurosis como se pode verificar pelo máximo da banda a 1646 cm^{-1} .

Enquanto a sequência do mais elevado para o menor teor de lípidos é: Albatros > Thaibonnet > Gládio > Eurosis como se pode verificar pelo máximo da banda a 1740 cm^{-1} .

Verifica-se que a sequência relativa do teor de proteína (Albatros > Gládio > Thaibonnet = Eurosis) é semelhante à sequência das variedades em função do número de descendentes por fêmea em cada variedade (Albatros > Gládio > Thaibonnet > Eurosis). Embora se tenha notado uma relação entre o teor relativo de lípidos e de proteína com o número de descendentes, não ficou provado que a composição do arroz esteja relacionada com a susceptibilidade ao ataque de *S. zeamais*.

Segundo Lucas & Riudavets (2000), o arroz branqueado difere não só morfologicamente (dimensão dos grãos) como também bioquimicamente (eliminação

do gérmen e do pericarpo) do arroz película e, conseqüentemente na sua sensibilidade ao ataque dos insectos.

Pela comparação entre os espectros de infravermelho médio para o arroz branqueado (cinza) e para o arroz película (as restantes cores), verifica-se que este último tem proporções relativas, quer de proteína quer de lípidos, superiores ao arroz branqueado. Este resultado vai ao encontro do descrito por Juliano (1994) no quadro 6 no qual, o arroz integral (película) tem uma proporção superior de proteína bruta, lípidos, fibra bruta e cinza bruta em comparação com o arroz branqueado. Em relação aos hidratos de carbono a situação inverte-se, ou seja, o arroz branqueado tem maior proporção.

Estas diferenças de proporções relativas de constituintes do arroz, quer no tipo com película quer no tipo branqueado, verificam-se, visto que, o primeiro tipo de arroz mantém as camadas externas do grão à excepção da casca e deste modo conserva elevados teores de proteínas e lípidos em comparação com o arroz branqueado. Isto pode ser observado na figura 20, a qual ilustra a distribuição espacial da maioria dos constituintes do arroz.

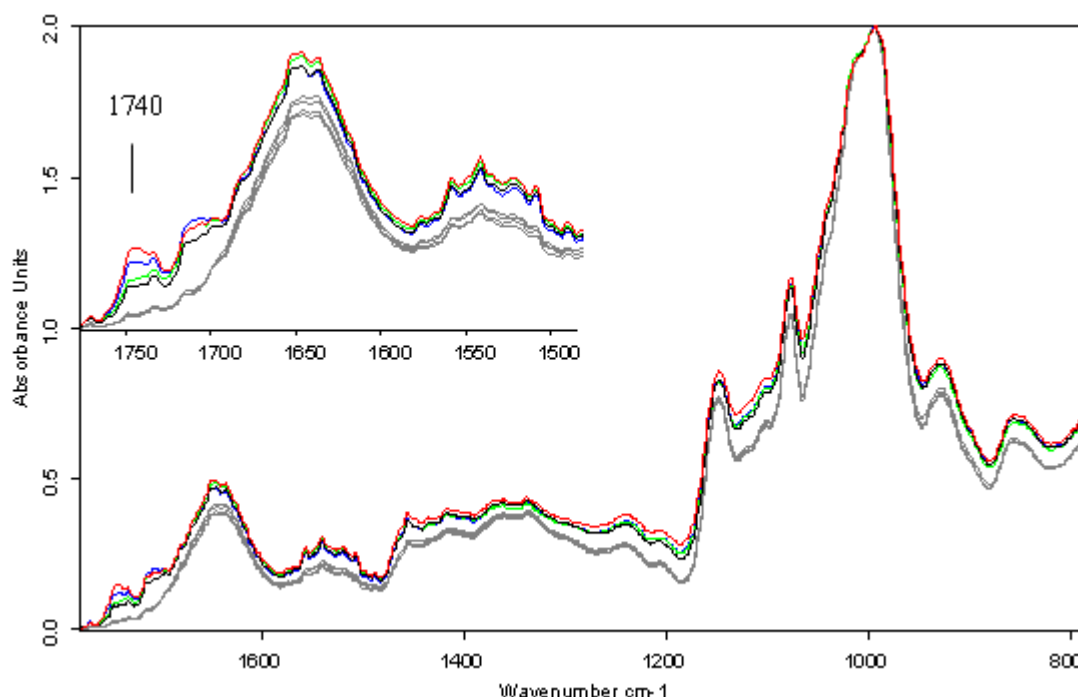


Figura 34 -Espectros de infravermelho médio (ATR-FTIR) 1800 e 400 cm^{-1} do arroz em película (cores de acordo com variedade) e do arroz branqueado (cinza)

5. Conclusão

Este trabalho serviu para caracterizar algumas variedades de arroz, consumidas e produzidas em Portugal, quanto à sua resistência ao ataque do *S. zeamais* – praga-chave do arroz armazenado.

As quatro variedades de arroz utilizadas nos ensaios são susceptíveis ao ataque de *S. zeamais*.

Dos três tipos de tratamento pós-colheita estudados, o arroz com casca é o mais resistente ao ataque do *S. zeamais*, seguido do arroz branqueado e por último o arroz em película.

Os teores de água do arroz das várias variedades foram sempre superiores a 10% e por isso favoráveis ao desenvolvimento da espécie. Os valores médios registados foram mais baixos no arroz com casca e foram aumentando consoante o grau de processamento: em película e branqueado.

S. zeamais só tem capacidade para fazer a postura no interior do grão quando a casca tem uma fenda de dimensão superior ao rostro do insecto. A casca intacta fornece uma barreira contra o ataque dos insectos.

O número de insectos emergidos por fêmea no arroz com casca mostrou ter uma relação directa com a percentagem de fendilhamento. Verificou-se que a variedade Eurosis era a que tinha maior percentagem de cascas fendilhadas e consequentemente maior número de descendentes por fêmea. A causa do fendilhamento poderá estar relacionada com as características da variedade e da casca ou com procedimentos culturais, tais como a colheita e o transporte.

Pela análise do ISD, as quatro variedades do arroz em película demonstraram ser igualmente susceptíveis ao ataque de *S. zeamais*. O ISD para o arroz branqueado apresentou diferenças significativas entre as variedades, sendo a variedade Thaibonnet a mais susceptível e as menos susceptíveis foram as variedades Eurosis e Gládio. No arroz com casca o ISD também teve diferenças significativas, em que a variedade Eurosis é a mais susceptível, seguida das variedades Albatros, Gládio e Thaibonnet.

Através dos espectros de infravermelho médio do arroz em película e do arroz branqueado, verificou-se que o último tem maior teor em amido. A sequência relativa

do teor de amido é igual à sequência das variedades em função do número de descendentes por fêmea. Para o arroz em película a sequência relativa do teor de proteína é semelhante à sequência das variedades em função do número de descendentes por fêmea. Essas sequências sugerem que talvez a composição relativa do grão tenha alguma influência no número de insectos da geração F1.

Em suma, com este trabalho verificou-se que *S. zeamais* não tem capacidade de atacar grãos de arroz com a casca intacta. Também se verificou que a composição nutritiva dos grãos poderá estar relacionada com o ISD, sendo que o arroz em película é mais nutritivo devido ao facto de não passar pelo processo de branqueamento e de preservar a película, o qual tem como consequência uma maior susceptibilidade ao ataque dos insectos.

Foi um estudo preliminar o qual futuramente poderá ser aprofundado de forma a perceber se as características químicas dos grãos têm realmente uma forte relação com a susceptibilidade dos mesmos ao ataque dos insectos. Neste trabalho não foi possível realizar a determinação do teor de proteína, do teor de amido e do teor de amilose, os quais, quanto a mim seriam interessantes ser estudados. Também não me foi possível determinar a temperatura de gelatinização, porque para tal é necessário saber o teor de amido que está presente na farinha de arroz ou então proceder-se à extracção do mesmo. Alguns autores referem que a temperatura de gelatinização poderá estar relacionada com a susceptibilidade do arroz ao ataque dos insectos, visto que pode reflectir a dureza dos grânulos de amido e do endosperma. Existem algumas evidências que arrozes com temperaturas de gelatinização elevadas ou intermédias são menos atacadas pelos insectos, do que as variedades que possuem temperaturas de gelatinização baixas (Jennings *et al.*, 1979).

O estudo aprofundado da composição química do arroz poderá auxiliar os programas de melhoramento a seleccionar variedades mais resistentes ao ataque de insectos e, nos tempos actuais, nos quais se pretende diminuir a dependência dos pesticidas, de forma a produzirem-se alimentos com menos resíduos de pesticidas e de forma mais barata, torna-se premente a utilização de variedades resistente às pragas.

6. Bibliografia

Ambrogi, B., Vidal, D., Zarbin, P. & Rosado-Neto, G. (2009) – *Feromônios de agregação em Curculionidae (Insecta: Coleptera) e sua implicação taxonômica. Quim. Nova*, XY(00): 1-8.

Adams, J. & Schulten, G. (1978) - Losses caused by insects, mites and microorganisms. In: Harris, K. and Lindblad, C. (eds.), *Postharvest Grain Loss Assesment Methods. A manual of methods for the evaluation of postharvest losses*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, pp. 83–93.

Adler, C. (2006) - Efficacy of heat against the mediterranean flour moth *Ephestia kuehniella* and methods to test the efficacy of a treatment in a flour mill. In: Lorini, I., Bacaltchuk, B., Becke, H., Deckers, D., Sundfeld, E., dos Santos, J., Biagi, J., Celaro, J., Faroni, L., Bortolini, L., Sartori, M., Elias, M., Guedes, R., da Fonseca, R. and Scussel, V. (eds.). *Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection*, Campinas, Brazil, 15-18 October 2006. pp. 741-746.

Ashamo, M. (2010) - Relative resistance of paddy varieties to *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Slovak Academy of Sciences*. 65(2): 333-337.

Barros, G. (1990) – *Estudo sobre o comportamento de espécies de Curculionidae em milho e de Bruchidae em feijão*. Relatório para provas de acesso à categoria de Assistente de Investigação, Instituto de Investigação Científica Tropical, Lisboa. pp. 13-48.

Barros, G. (1996) – *Prejuízos no armazenamento. Estudo de caso em pilha de milho no Zimbabué*. Tese para a obtenção do grau de mestre em Protecção Integrada, Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. 135 pp.

Bekon, K. & Fleurat-Lessard, F. (1988) - Influence de la variation de la teneur en eau des farines de blé et de maïs sur la descendance et la durée de développement

de *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera : Tenebrionidae). *Ann. Univ. Abidjan*. XXII (B): 273-285.

Boxal, R. (2001) - Post harvest losses to insects – a world overview. *International biodeterioration and biodegradation*, 48 (1): 137-152.

Breese, M. (1963) – Studies of the oviposition of *Rhyzopertha dominica* (F.) in rice and paddy. *Bull. Ent. Res.*, 53: 621-637.

Campbell, J. (2002) - Influence of seed size on exploitation by the rice weevil, *Sitophilus oryzae*. *J. of Insect Behaviour*, 15 (3): 429-445.

Carvalho, O., Barbosa, A., Marques, A., Barros, G., Timlick, B. & Mexia, A. (2003) – Métodos de amostragem para a detecção e estimativa das populações de insectos associados ao arroz pós-colheita. *6º Encontro Nacional Protecção Integrada*, Castelo Branco, (CD-ROM): 279-288.

Champ, B. & Dyte, C. (1976) – *Report of FAO global survey of pesticide susceptibility of stored grain pests*, FAO Plant Production and Protection Ser. No.5, Rome.

Chandler, R. (1979) - *Rice in the tropics: a guide to the development of national programs*, IRRI, Colorado, USA. pp. 1-14.

Cho, K., Ryoo, M. & Kim, S. (1988) - Life table statistics of the rice weevil (Coleoptera: Curculionidae) in relation to the preference for rough, brown and polished rice. *Korean J. Entomol.*, 18: 1-6.

Cogburn, R. (1974) - Domestic rice varieties: Apparent resistance to rice weevil, lesser grain borer and Angoumois grain moths. *Environ. Entomol.* 3: 681-685.

Cogburn, R., Bollich C., Johnston T. & McIlrath W. (1980) - Environmental influences on resistance to *Sitotroga cerealella* in varieties of rough rice. *Environ.*

Entomol., 9: 689– 693.

Coombs, C. & Freeman, J. (1955) – The insect fauna of an empty granary, *Bul. Ent. Res.*, London, 46(2):399-417.

Das, S. & Chakraverty, A. (2003) – Grain-Drying Systems. *In*: Chakraverty, A. (ed.), *Handbook of postharvest technology: cereals, fruits, vegetables, tea and spices*. Marcel Dekker, USA. pp. 139-140.

Davey, P. & Elcoate, S. (1962) – Resistance of two varieties of sorghum to *Sitophilus*. *Pest Infest. Res.*, 66 pp.

De Datta, S. (1981) - *Principles and Practices of Rice Production*. John Wiley & Sons., Singapore. pp. 146-173.

Decreto-Lei n.º 62/2000 de 19 de Abril.

Dobie, P. (1974) - The laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize varieties to post-harvest infestation by *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). *J. Stored Prod. Res.*, 10: 183-197.

Doggett, H. (1958) – The breeding of sorghum in East Africa. *Emp. J. Exp. Agric.*, 26 (101): 37-46.

Ewer, R. (1945) – The effect of grain size on the oviposition of *Calandra granaria* Linn. (Coleoptera, Curculionidae), *Prot. R. Entomol. Soc. Lond.*, 20(A): 57-63.

Faro, A. (2010) - *Estudo das populações de insectos e fungos numa fábrica de arroz para estimativa de risco*. Tese para a obtenção do grau de mestre em segurança alimentar e saúde pública, Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, Lisboa, 73 pp.

Fleurat-Lessard, F. (1982) – Les insects et les acariens. *In*: Multon, J.(ed.)

Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés. Céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux, vol.I, Technique & Documentation Lavoisier/Apria, Paris. pp. 394-436.

Fontes, L., Filho, A. & Arthur, V. (2003) – Danos causados por *Sitophilus oryzae* (Linné, 1763) e *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). *Arq. Inst. Biol.*, 70 (3): 303-307.

Gwinner, J., Harnisch, R. & Muck, O. (1997) - *Manual sobre a prevenção das perdas de grãos depois da colheita*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, 356 pp.

Gudrups, I., Floyd, S., Kling J., Bosque-Perez N. & Orchard J. (2000) - A comparison of two methods of assessment of maize varietal resistance to the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, and the influence of kernel hardness and size on susceptibility. *J. Stored Prod. Res.*, 37: 287 – 302.

Haines, C. (1991) – *Insects and arachnids of tropical stored products: their biology and identification*. NRI, Second Edition, UK. pp. 1-205.

Hall, D. (1970) – *Handling and storage of food grains in tropical and subtropical areas*. FAO, Rome, pp. 38-62.

Haryadi, Y. (1991) - *Sensibilité variétale du riz aux attaques de Sitophilus oryzae (L.) et de Sitotroga cerealella (Oliv.)*. Analyse de l'origine d'une résistance potentielle. Ph.D. thesis in Agronomical Sciences, Ecole Nat. Sup. Agronomie, Montpellier, France. 113 pp.

Haryadi, Y. & F. Fleurat-Lessard. 1994. Factors affecting survival and development of *Sitophilus oryzae* (L.) in rice grain pericarp layers. In: Highley, E., Wright, E., Banks H. and Champ, B. (eds.). *Proceedings 6th International Workshop and Conference on Stored- Product Protection*, Canberra, Australia, 17-23 April 1994, pp. 525-527.

Hettiarachchy, N., Ju, Z., Siebenmorgen, T. & Sharp, R. (2000) – Rice: Production, Processing and Utilization. *In: Kulp, K. and Ponte, J.G. (eds). Handbook of cereal science and technology.* Marcel Dekker, New York, pp. 203-219.

Howe, R. (1952) – The biology of rice weevil, *Calandra oryzae* (L.), *Annals Applied Biology*, 39:168-180.

Houston, D. & Kohler, G. (1970) - *Nutritional properties of rice.* National Academy of Science, Washington, pp. 8-21.

ISO 712 (2009) - *Cereals and cereal products - Determination of moisture content - Reference method.*

Juliano, B. (1994) - *El arroz en la nutrición humana.* FAO, Roma, pp. 39-66.

Juliano, B. & Bechtel, D. (1985) - The rice grain and its gross composition. *In: Juliano, B. (ed.). Rice: chemistry and technology.* Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, Cap.2, pp.17-57.

Longstaff, B. (1981) - Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae): A critical review. *Prot. Ecol.*, 2: 83-130.

Luh, B. (1991) - *Rice: utilization.* Vol. II, Springer, New York, USA, pp. 269-271

Lucas, E. & Riudavets, J. (2000) - Lethal and sublethal effects of rice polishing process on *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Economic Entomol.*, 93 (6): 1837-1841.

McGaughey, W. (1974) - Insect development in milled rice: effect of variety, degree of milling, parboiling and split kernels. *J. Stored Prod. Res.*, 10: 81-88.

Murillo, J. (1989) - *Compendio de agronomía tropical.* IICA, San José, Costa Rica,

Vol. 13, pp. 70-90.

Navarro, S., Noyes, R. & Jayas, D. (2002) – Stored grain ecosystem and heat, and moisture transfer in grain bulk. *In: Navarro, S. and Noyes, R. (eds.). The mechanics and physics of modern grain aeration management.* CRC Press, Boca Raton, EUA, pp. 36-78

Nawrot, J., Warchalewski, J., Piasecka-Kwiatkowska, D., Niewiada, A., Gawlak, M., Grundas, S. & Fornal, J. (2006) - The effect of some biochemical and technological properties of wheat grain on granary weevil (*Sitophilus granarius* L.) (Coleoptera Curculionidae) development. *In: Lorini, I., Bacaltchuk, B., Becke, H., Deckers, D., Sundfeld, E., dos Santos, J., Biagi, J., Celaro, J., Faroni, L., Bortolini, L., Sartori, M., Elias, M., Guedes, R., da Fonseca, R. and Scussel, V. (eds.). Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection, Campinas, Brazil, 15-18 October 2006, pp. 741-746.*

Passarinho, A., Pires, I., Faro, A., Teixeira, P., Marques, P., Jesus, O., Teixeira, A., Timlick, B. & Carvalho, M. (2008) - Sampling stored product insects at on-farm stores and rice mills in Sado and Tejo Valleys. *In: Mancini, R., Carvalho, M., Timlick, B. and Adler, C. (eds.). Contribution for integrated management of stored rice pests - handbook, IICT, Lisboa, pp. 176–199.*

Pimentel, D. (1991) – World Resources and Food Losses to Pests. *In: Gorham, J.R. (ed.), Ecology and Management of food-industry pests.* Association of Official Analytical Chemists, Arlington, pp. 5-10.

Prakash, A. & Rao, J. (1995) - Insect pest management in stored-rice ecosystems. *In: Jayas S., White N. and Muir W. (eds.). Stored-Grain Ecosystems.* CRC Press, New York, USA, pp. 709-736.

Rajendran, S. (2003) – Grain Storage: Perspectives and Problems. *In: Chakraverty, A. (ed.), Handbook of postharvest technology: cereals, fruits, vegetables, tea and spices.* Marcel Dekker, USA, pp. 183–192.

Rees, D. (1995) – Coleoptera. *In*: Subramanyam, B. and Hagstrum, D.H. (eds.). *Integrated management of insects in stored products*. Marcel Dekker, New York, pp.1-19.

Robinson, G. (1976) - The preparation of slides of Lepidoptera genitalia with special reference to the microlepidoptera. *Entomologists Gazette*, 27: 127-132.

Rossetto, C. (1969) – O complexo de *Sitophilus* spp (Coleoptera Curculionidae) no estado de São Paulo. *Boletim Científico do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo*, 28(10): 127-148.

Salunkhe, K., Chavan, J. & Kadam, S. (1985) – *Post harvest biotechnonology of cereals*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 208pp.

Santos, M. (2007) – *Desenvolvimento e validação de métodos espectroscopia no infravermelho próximo e médio para caracterização de lamas de ETAR para uso agrícola*. Tese para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Biológica, Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, 70 pp.

Shafique, M. & Chaudry, M. (2007) – Screening of rice genotypes for resistance to storage insects. *Pak. Entomol.*, 28(1): 19-22.

Segrove, F. (1951) – Oviposition behaviour in two strains of rice weevil, *Calandra oryzae* Linn. (Coleoptera, Curculionidae), *J. Exp. Biol.*, 28: 281-297.

Silva, L. & Rodrigues, C. (2001) - New development in rice cropping systems and its effects on yield: a short appointment of the Portuguese situation. *In*: Chataigner J. (ed.). The new development in rice agronomy and its effects on yield and quality in Mediterranean areas. *Actes du séminaire d'Edirne*, Turquie, vol. 58, Montpellier : CIHEAM/FAO, 126 pp.

Singh, K. (1981) – Influence of milled rice on insect infestation. II- Developmental

period and productivity of *Sitophilus oryzae* Linn. and *Tribolium castaneum* Herbst in milled rice. *Z. Angew. Entomol.*, 92: 472-477.

Singh, R., Singh, U., Khush, G. & Rohilla, R. (2000) – Genetics and biotechnology of quality traits in aromatic rices. *In: Singh, R.K., Singh, U.S. and*

Sinha, R. (1991) – Storage ecosystems. *In: Gorham, J.R. (ed.). Ecology and management of food-industry pests.* Association of Official Analytical Chemists, Arlington, pp.17-27.

Smith, C. & Dilday, R. (2003) - *Rice: origin, history, technology and production.* Wiley Series in Crop Science, 642 pp.

Steffan, J. (1963) – Les Calandres des Grains (*Sitophilus*). *In: Balachowsky, A.S. (ed.), Entomologie Appliquée à L'Agriculture.* Masson et C.^{ie}, Paris, Tome I: Cléoptères, vol.2, pp.1070-1099.

Sousa, J. (1995) - *Enciclopédia agrícola brasileira.* Editora USP, São Paulo, Brasil, vol. 3, pp. 251-256.

Trematerra, P. (2009) - Preferences of *Sitophilus zeamais* to different types of Italian commercial rice and cereal pasta. *Bull. of Insectology*, 62 (1): 103-106.

7. Cibergrafia

www.fao.org

www.bugguide.net

www.knowledgebank.irri.org

www.cd3wd.com

www.padil.gov.au

www.ine.pt

www.ikisan.com

www.healthmatesauna.com

www.texturetechnologies.com

8. Anexos

Anexo 1– Média da percentagem de grãos com as cascas fendilhadas

Variedades	Arroz com casca			
	Thaibonnet	Gládio	Albatros	Eurosis
(%) Grãos com casca não fendilhada	95,0	92,5	90,8	84,5
(%) Grãos com casca fendilhada	5,0	7,5	9,2	15,5

Anexo 2- Dados do ensaio biológico para as quatro variedades do arroz com casca

Arroz com casca											
Variedades	Repetição	Número fêmeas	de	Descendência total	Descendentes/fêmea	TMD	ISD	% de perda de peso	% de	de	grãos
Thaibonnet	1	10		6	0,6	30,0	-1,7		0,9		1,5
	2	12		1	0,1	28,5	-8,7		0,6		1,1
	3	11		8	0,7	35,0	-0,9		1,5		2,6
	4	8		0	0,0	0,0	-		0,0		0,0
	5	10		5	0,5	32,8	-2,1		1,1		1,7
Gládio	1	9		3	0,3	34,0	-3,2		1,1		1,7
	2	9		7	0,8	35,3	-0,7		1,6		2,7
	3	10		6	0,6	32,5	-1,6		1,6		2,3
	4	10		18	1,8	33,5	1,8		1,8		2,8
	5	9		19	2,1	33,5	2,2		2,4		3,5
Albatros	1	8		7	0,9	29,5	-0,5		1,5		2,4
	2	10		16	1,6	32,3	1,5		2,0		2,8
	3	11		11	1,0	31,0	0,0		1,9		2,8
	4	8		9	1,1	30,5	0,4		1,7		2,5
	5	10		18	1,8	33,3	1,8		2,1		3,0
Eurosis	1	12		56	4,7	33,3	4,6		5,4		8,7
	2	11		39	3,5	34,8	3,6		3,7		6,4
	3	11		46	4,2	34,2	4,2		4,7		7,2
	4	9		51	5,7	32,8	5,3		4,6		7,3

	5		9		48		5,3	32,9	5,1		4,8		7,5
Anexo 3 – Dados do ensaio biológico para as quatro variedades do arroz em película													
Arroz com película													
Variedades	Repetição	Número fêmeas	de	Descendência total	Descendentes fêmea	por	TMD	ISD	% de peso	perda de	%de danificados		grãos
Thaibonnet	1		10		455		45,5	27,6	13,8		30,1		48,2
	2		9		404		44,9	27,5	13,8		26,6		42,9
	3		10		442		44,2	28,0	13,5		30,7		46,9
	4		11		509		46,3	27,4	14,0		36,8		55,3
	5		10		458		45,8	27,1	14,1		30,8		47,8
Gládio	1		9		439		48,8	27,9	13,9		31,1		45,8
	2		12		569		47,4	27,3	14,1		39,5		60,5
	3		10		484		48,4	27,9	13,9		33,5		49,8
	4		10		436		43,6	27,3	13,8		30,1		44,0
	5		10		445		44,5	28,0	13,6		30,7		44,3
Albatros	1		8		378		47,3	27,3	14,1		27,6		41,9
	2		10		480		48,0	26,9	14,4		35,1		53,5
	3		10		482		48,2	26,3	14,7		34,8		52,7
	4		9		454		50,4	26,6	14,7		32,7		49,2
	5		8		391		48,9	27,4	14,2		27,9		42,3
Eurosis	1		10		413		41,3	27,1	13,7		27,7		44,9
	2		9		400		44,4	27,3	13,9		27,2		42,7
	3		12		543		45,3	25,9	14,7		37,6		60,0

4	10	377	37,7	27,1	13,4	25,9	41,1
5	10	530	53,0	26,0	15,3	35,9	57,3

Anexo 4 - Dados do ensaio biológico para as quatro variedades do arroz branqueado

Arroz branqueado												
Variedades	Repetição	Número fêmeas	de	Descendência total	Descendentes fêmea	por	TMD	ISD	% de perda de peso	% de danificados	de	grãos
Thaibonnet	1	9		141		15,7	37,7	7,3		19,6		28,9
	2	9		136		15,1	36,4	7,5		17,2		25,4
	3	10		171		17,1	37,7	7,5		19,5		31,2
	4	10		175		17,5	38,6	7,4		22,6		31,9
	5	11		172		15,6	36,9	7,5		25,4		37,9
Gládio	1	9		78		8,7	38,9	5,5		14,9		24,5
	2	10		94		9,4	38,4	5,8		17,9		28,7
	3	10		70		7,0	39,5	4,9		14,7		24,5
	4	9		63		7,0	41,2	4,7		10,8		17,5
	5	10		44		4,4	39,6	3,7		13,2		22,1
Albatros	1	12		109		9,1	35,4	6,2		17,9		27,4
	2	12		110		9,2	35,7	6,2		15,7		24,2
	3	10		110		11,0	35,8	6,7		19,5		31,2
	4	8		90		11,3	36,6	6,6		10,7		17,2
	5	9		119		13,2	35,1	7,4		17,0		25,4
Eurosis	1	10		59		5,9	37,8	4,7		14,1		26,9
	2	10		82		8,2	37,9	5,6		15,4		27,3

3	11	71	6,5	38,3	4,9	17,0	28,8
4	9	53	5,9	40,3	4,4	12,5	20,5
5	10	52	5,2	39,4	4,2	18,1	29,6

Anexo 5 - Correlações para o arroz com casca

	Perda de peso dos grãos	Grãos danificados
Total insectos emergidos por repetição	0,98	0,98

Anexo 6 - Correlações para o arroz em película

	Perda de peso dos grãos	Grãos danificados
Total insectos emergidos por repetição	0,97	0,97

Anexo 7- Correlações para o arroz branqueado

	Perda de peso dos grãos	Grãos danificados
Total insectos emergidos por repetição	0,78	0,62

Anexo 8 – Caracterização física dos grãos de arroz com casca

	Repetição	Thaibonnet	Gládio	Albatros	Eurosis
Dureza	1	14,5	14,8	13,0	15,1
	2	14,4	12,5	12,7	12,6
	3	14,0	12,2	12,5	12,7
	4	13,6	12,7	11,9	13,4
	5	13,3	12,5	12,7	11,5

Anexo 9 - Correlações para o arroz com casca

	TMD	ISD	Dureza
Insectos/fêmea		0,31	0,86
TMD			0,48
ISD			-0,37

Anexo 10 – Caracterização física dos grãos do arroz com película

Arroz com película						
Variedades	Repetição	Comprimento (mm)	Largura (mm)	C/L	Peso de cada grão (g)	Dureza (N)
Thaibonnet	1	6,87	1,52	4,53	0,0213	5,5
	2	6,79	1,49	4,57	0,0207	6,0
	3	6,57	1,51	4,38	0,0215	5,1
	4	6,65	1,53	4,41	0,0215	5,2
	5	6,69	1,57	4,28	0,0213	5,1
Gládio	1	6,53	1,58	4,15	0,0203	6,2
	2	6,52	1,60	4,10	0,0212	6,6
	3	6,63	1,57	4,27	0,0202	6,8
	4	6,54	1,54	4,26	0,0199	6,0
	5	6,60	1,58	4,23	0,0196	6,3
Albatros	1	6,63	1,66	4,02	0,0225	5,5
	2	6,81	1,65	4,17	0,0234	5,8
	3	6,80	1,62	4,22	0,0224	5,9
	4	6,67	1,62	4,15	0,0215	5,7
	5	6,55	1,67	3,96	0,0221	5,9
Eurosis	1	6,13	1,65	3,73	0,0221	7,5
	2	5,94	1,65	3,63	0,0208	6,1
	3	5,90	1,66	3,56	0,0222	6,5
	4	5,81	1,68	3,49	0,0220	6,5
	5	6,01	1,72	3,52	0,0211	5,8

Anexo 11 - Correlações para o arroz em película

	TMD	ISD	Dureza	Comprimento	Largura	C/L	Peso
Insectos/fêmea	-0,27	0,77	-0,31	0,35	0,16	0,14	0,34
TMD		-0,83	-0,03	0,39	-0,63	0,55	-0,50
ISD			-0,17	-0,05	0,50	-0,27	0,02

Anexo 12 – Caracterização física dos grãos do arroz branqueado

Arroz branqueado						
Variedades	Repetição	Comprimento (mm)	Largura (mm)	C/L	Peso de cada grão (g)	Dureza (N)
Thaibonnet	1	6,25	1,48	4,25	0,0183	5,5
	2	6,31	1,46	4,34	0,0182	6,2
	3	6,31	1,41	4,50	0,0182	5,6
	4	6,25	1,48	4,25	0,0188	6,0
	5	6,23	1,44	4,34	0,0184	5,0
Gládio	1	5,82	1,54	3,78	0,0178	5,8
	2	6,05	1,52	3,99	0,0177	7,2
	3	6,01	1,47	4,12	0,0168	6,8
	4	5,99	1,49	4,07	0,0177	6,1
	5	5,77	1,47	3,97	0,0178	6,4
Albatros	1	6,03	1,51	4,04	0,0186	5,7
	2	5,92	1,46	4,10	0,0185	6,1
	3	5,98	1,47	4,22	0,0179	5,1
	4	5,92	1,46	4,08	0,0181	5,6
	5	6,09	1,46	4,19	0,0177	5,8
Eurosis	1	5,69	1,63	3,53	0,0180	6,2
	2	5,58	1,62	3,47	0,0179	7,9
	3	5,67	1,60	3,56	0,0179	7,7
	4	5,70	1,61	3,55	0,0185	6,7
	5	5,79	1,60	3,65	0,0179	6,8

Anexo 13 - Correlações para o arroz branqueado

	TMD	ISD	Dureza	Comprimento	Largura	C/L	Peso
Insectos/fêmea	-0,47	0,96	-0,58	0,86	-0,63	0,78	0,42
TMD		-0,68	0,44	-0,32	0,37	-0,39	-0,34
ISD			-0,60	0,80	-0,63	0,75	0,44